

2021
№2(56)

**Вооружение
и экономика**

<p>46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации</p> <p>Российская академия ракетных и артиллерийских наук</p> <p>Академия проблем военной экономики и финансов</p>	<h2 style="margin: 0;">Вооружение и экономика</h2> <h3 style="margin: 0;">№2(56) / 2021</h3> <p style="margin: 0;"><i>электронный научный журнал</i></p> <p style="margin: 0;">http://www.viek.ru</p>
	<h3 style="margin: 0;">Содержание</h3>
<p><i>Издается с 2008 года</i></p> <p>Журнал «Вооружение и экономика» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук</p> <p>Свидетельство о регистрации СМИ от 7 декабря 2012 г. № ФС77-52083</p> <p>ISSN 2071-0151</p> <p>Издатель: Российская академия ракетных и артиллерийских наук: 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3</p> <p>rk@viek.ru</p>	<h3 style="text-align: center; margin: 0;">ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА</h3> <p>Абросимов В.К. Искусственный интеллект и проблемы развития вооружения и военной техники 5</p> <p>Гусева А.С., Дурнев Р.А. Оценка живучести и эффективности беспилотных летательных аппаратов: некоторые возможности методического подхода 22</p> <p>Мунтяну А.А. Методика оценки технической оснащенности группировки комплексов стратегического ракетного вооружения 32</p> <p>Пешехонов Н.Е., Рыбаков В.В., Воронин А.Е. К вопросу определения оптимального режима работы кольцевых распределительных сетей систем электроснабжения 48</p> <p>Козубский А.М., Юрченко Н.А., Фомин В.А. Перспективы применения 60-мм минометов в Вооруженных Силах Российской Федерации 57</p> <p>Воробьев П.С., Миргалеев А.Т., Толстов Г.С., Шамаев С.М. Применение технологии распределенного реестра (блокчейн) для создания автоматизированных систем управления материальными ресурсами на этапах производства и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники 69</p>

<p>Главный редактор В.М. Буренок</p> <p>Редакционная коллегия</p> <p>А.А. Александров</p> <p>О.Б. Ачасов</p> <p>О.И. Бочкарев</p> <p>А.В. Быстров</p> <p>С.Ф. Викулов (зам. гл. ред.)</p> <p>В.Л. Гладышевский</p> <p>Г.И. Горчица</p> <p>В.А. Горшков</p> <p>В.М. Кашин</p> <p>А.А. Кокошин</p> <p>Г.А. Лавринов (зам. гл. ред.)</p> <p>А.В. Леонов</p> <p>Ю.М. Михайлов</p> <p>А.А. Рахманов</p> <p>Е.Ю. Хрусталеv</p> <p>Д.В. Худяков (зам. гл. ред. – уч. секр.)</p> <p>А.А. Цельковских</p> <p>Оформление, верстка Д.В. Худяков</p> <p>Редактор Т.М. Молчанова</p> <p>Перевод О.В. Криворучко</p>	<p>Безденежных С.И. Оценка сходства технологий с применением техники синтаксических m-грамм..... 81</p> <p style="text-align: center;">ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА</p> <p>Подольский А.Г. К вопросу о совершенствовании методического аппарата обоснования параметров планового документа..... 97</p> <p>Буравлев А.И. Об одной задаче линейного программирования 108</p> <p>Чернышева Г.Н., Кильдюшевский М.В. Военно-экономический анализ в системе мероприятий по обеспечению национальной безопасности 119</p> <p><i>Аннотации и ключевые слова / Abstracts and key words</i>..... 131</p> <p style="text-align: center;">Дополнительные материалы</p> <p><i>Правила предоставления авторами рукописей</i> 137</p> <p><i>Порядок рецензирования рукописей</i>..... 139</p> <p><i>Карточка статьи</i> 140</p> <p><i>Карточка автора</i>..... 140</p> <p><i>Особенности распространения журнала</i>..... 140</p> <p><i>Сведения о членах редакционной коллегии</i> 141</p>
---	--

ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

УДК 004.8:623

В.К. АБРОСИМОВ, доктор
технических наук, старший
научный сотрудник

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Множественность трактовки понятия «искусственный интеллект» привела к необходимости его осмысления для задач развития современных систем вооружений. В статье предложен общий подход поиска путей интеграции и пересечения возможностей современных ключевых технологий искусственного интеллекта и требований к созданию новых образцов вооружений. Подход демонстрируется на примере формирования облика и характеристик перспективных робототехнических систем военного назначения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; робототехническая система; вооружение; технологии; требования.

В настоящее время тематика искусственного интеллекта (ИИ) стала во многом приоритетной. Принятые в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года¹ важные государственные решения по развитию искусственного интеллекта в Российской Федерации определили основные направления усилий по созданию интеллектуальных систем с элементами ИИ в различных областях народного хозяйства. В рамках Государственного Комитета по стандартизации Техническим комитетом по стандартизации ТК 164 разрабатываются стандарты использования ИИ в здравоохранении, на транспорте, образовании и других областях.

Не является исключением и область военных разработок. Различные страны ставят амбициозные цели по развитию технологий искусственного интеллекта в интересах обороны. На протяжении многих лет в системы вооружений внедряются интеллектуальные решения по обработке значительных массивов данных, управления оружием, взаимодействия на поле боя. Определенных успехов достигли за рубежом: средства

¹ Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утверждена указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. №490.

массовой информации наполнены публикациями про «умных» дронов, бегущих роботах-собаках и др., естественно скрывая истинные цели внедрения систем искусственного интеллекта в практику создания систем вооружений. Однако даже по имеющимся сведениям можно понять основные направления исследований – повышение ситуационной осведомленности на поле боя, роботизация вооружения и военной техники, распознавание ситуаций, поддержка принятия решений. Все указанное укладывается в парадигму «гибридных войн», реализациями которой являются концепции «сетевых войн» и «мозаичных войн».

Практически все специалисты по искусственному интеллекту признают отсутствие однозначного понимания определяющих терминов «искусственный интеллект», «робототехника» и ряда других. В Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года² прямо рекомендуется «...избегать внедрения в законодательство Российской Федерации единого для всех отраслей нормативного определения указанных терминов». Но, несмотря на это, общий тренд на создание систем искусственного интеллекта очевиден. Как указывает Президент Российской Федерации В.В. Путин «...тот кто будет владеть им (искусственным интеллектом), тот... приобретет огромные конкурентные преимущества»³.

Искусственный интеллект для военных приложений

Один из самых распространенных аргументов в отношении реализуемости искусственного интеллекта заключается в том, что задачи, для которых есть алгоритм, то есть четкая последовательность действий для достижения целей, нельзя считать имеющими отношение к этой сфере. Вместе с тем необходимо подчеркивать, что искусственный интеллект, в значительной мере имитирующий мыслительную деятельность человека (так называемый «сильный искусственный интеллект» [1; 2]), вряд ли достижим в обозримой перспективе. Проблемы связаны не только с ограничениями в создании суперкомпьютеров, имитирую-

² Концепция развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года, утверждена распоряжением Правительства РФ от 19 августа 2020 г. №2129-р.

³ Выступление Президента РФ В.В. Путина 09 ноября 2018 г. на конференции по искусственному интеллекту AI Journal, г. Москва.

щих работу человеческого мозга (по оценкам академика РАН И.А. Каляева, если исходить из сегодняшних технологий, то суперкомпьютер для имитации технических возможностей человеческого мозга с производительностью 1020 флопс будет занимать около 4 10⁶ куб. м объема, что эквивалентно зданию 300х300 метров в основании и 50 метров высотой и потреблению около 15 ГВт электроэнергии, что сравнимо с тремя Саяно-Шушенскими ГЭС) [3]. Трудно сейчас осознать, по крайней мере в настоящее время, способность на уровне программ формировать не только «обучающие», но также и, как это делает человеческий мозг, «забывающие» связи, впрочем восстанавливаемые при необходимости. Поэтому исследования по созданию «сильного» искусственного интеллекта носят пока чисто фундаментальный умозрительный характер.

Следуя терминологии теории возможностей, в основе которой лежит нечеткая логика, после исключения «сильного» остается «слабый» искусственный интеллект. В литературе также нет недостатка в соответствующих определениях. Однако, процессы создания и развития вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) не допускают нечеткости – к образцам вооружений предъявляются совершенно определенные и четкие требования по функциональности, характеристикам, условиям испытаний.

В руководящих государственных документах повышается роль так называемых «регуляторных песочниц», как некоторых экспериментальных правовых режимов для отдельных предметных областей; подчеркивается, что их применение будет востребовано в том числе и для систем искусственного интеллекта и робототехники специального и двойного назначения. Действительно, логично допускать создание такой «песочницы» как для Минобороны России, так и для отраслей военно-промышленного комплекса. В рамках такой «песочницы» термин «искусственный интеллект» необходимо связывать с термином «военные приложения». Поэтому, если исключить философские и этические вопросы внедрения искусственного интеллекта, то можно процессы создания перспективных систем ВВСТ с элементами искусственного интеллекта рассматривать как совокупность современных технологий, используемых при предъявлении требований, производстве, испытании, принятии на вооружение и эксплуатации ВВСТ и направленных на повышение боевых и эксплуатационных возможностей ВВСТ.

В рамках предлагаемого понимания технологиям и методам искусственного интеллекта, разрабатываемым в гражданской сфере, можно придать следующее военное целеполагание:

- четкая направленность на решение конкретных военно-технических задач;
- ограниченность групп технологий, которые на данном этапе развития систем вооружений считаются относящимися к современным и перспективным;
- отсутствие четкого требования разграничения понятий «интеллектуальная система военного назначения» и «система военного назначения с искусственным интеллектом»;
- допустимость наличия строгого алгоритма в системах военного назначения с искусственным интеллектом.

Такое восприятие понятия «искусственный интеллект» для задач Минобороны России позволяет существенно сузить риторiku вокруг этого столь популярного понятия и перевести работу в активную и целенаправленную фазу.

Ключевые технологии искусственного интеллекта

В работе [1] определены основные направления внедрения систем искусственного интеллекта в военную область. Среди этих направлений роботизация ВВСТ, разведка, наблюдение, информационное обеспечение войск, прогнозирование, управление войсками, логистика, борьба и контрборьба в киберпространстве и др. В настоящей работе сделаем попытку развить указанные положения до конкретных групп технологий.

Анализ положений государственных документов, публикаций в открытой отечественной и зарубежной печати, рекламных брошюр start-up компаний, списков победителей проводимых конкурсов различных научных фондов и институтов развития, направлений работы фонда Сколково и национальной технологической инициативы позволяет выделить не более 20-25 групп технологий, которые можно отнести к технологиям искусственного интеллекта, использование которых могло бы быть эффективным для решения военно-технических задач⁴.

⁴ Искусственный интеллект. Проблемы и пути решения // Материалы научной конференции «Искусственный интеллект: проблемы и пути их решения». М.: Парк «Патриот», 2018. 236 с.

Кратко рассмотрим основные и наиболее распространенные такие группы, определив их место, в качестве примера, в задачах развития боевой робототехники.

Технологии машинного обучения. Для поддержки сбора, хранения, обработки и разметки размеченных, структурированных данных, а также улучшения инфраструктуры доступа к ним, ставятся задачи обеспечения доступности данных за счет создания общедоступных онлайн-платформ для обучения алгоритмов ИИ, создания единого протокола взаимодействия для участников платформ, обеспечения целостности данных за счет создания унифицированной, динамически обновляющейся методологии сбора и разметки данных и детально проработанных отраслевых стандартов, обеспечения конфиденциальности данных и др. Но существенная сложность для перспективных образов боевых роботов будет состоять в значительном многообразии возможных вариантов и условий боевых действий, затрудняющих формирование гипотез для обучения. Можно исходить из того, что здесь необходимо нарабатывать определенные прецеденты, описывающие возможные ситуации и подсказываемые учителем «правильные» действия в них. Но очевидно, что методы машинного обучения будут совершенствоваться и активно использоваться для решения задач создания и развития ВВСТ, а недостатки, связанные с их использованием, уже в среднесрочной перспективе будут постепенно преодолеваются.

Технологии интеллектуального анализа больших данных. Все будущие задачи развития ВВСТ в среднесрочной перспективе в той или иной мере связаны с методами обработки больших данных (Big Data). В настоящее время существуют десятки техник анализа больших данных. Для военной робототехники важно развитие технологий создания и поддержки больших баз данных в задачах для глубокого обучения нейронных сетей для построения систем технического зрения, навигации и др., а также программно-аппаратной базы для решения задач обнаружения и классификации объектов интереса. Кроме того, вся информация ситуационной осведомленности от тактического звена и выше по сути является также данными типа Big Data.

Технологии извлечения знаний. К таким технологиям (добыча данных, интеллектуальный анализ данных, глубинный анализ данных) от-

носятся обучение ассоциативным правилам, классификация, кластерный анализ, регрессионный анализ, обнаружение и анализ аномалий и др. (алгоритмы Data Mining). Эти алгоритмы в сочетании с решениями класса Business Intelligence позволяют выделять необходимые, ранее неизвестные, нетривиальные, но практически необходимые знания, в том числе неструктурированные. Как ожидается, к 2030 году в этой технологии будут получены результаты в направлениях автоматизированного решения задач класса Data Mining с использованием эвристик выбранных предметных областей, создания формальных языков и логических средств, с помощью которых будут формализованы рассуждения с возможностью их автоматизации, методов Data Mining, способных не только извлекать из данных закономерности, но и формировать предположения, опирающиеся на эмпирические данные. Для военной робототехники указанное также имеет большое значение, прежде всего для решения задач распознавания и автоматизированного управления огнем.

Технологии прогнозирования и поддержки принятия решений. В конце 2019 года свыше 100 научных и бизнес организаций анонсировали разработку к 2030 году новых методов в сфере формализованных методов прогнозирования и систем принятия решений. Но в гражданских приложениях горизонт прогноза свыше пяти лет уже считается критическим, а погрешности прогноза на перспективу более семи лет в 25-30% случаев становятся ошибочными. Результаты использования современных моделей прогнозирования зачастую непредсказуемы; причина заключается в практической ограниченности учета факторов неопределенности как среды, так и воздействующих факторов.

Использование методов принятия решений тесно связано с задачами имитационного моделирования. Для военной робототехники необходима разработка новых методов имитационного моделирования, которая во многих случаях может заменять собой реальные испытания. На таких моделях могут и быть наработаны необходимые прецеденты и стратегии поведения боевых роботов в недоопределенных средах с учетом противодействия противника.

Технологии «Интернета вещей». Общим трендом будущего десятилетия является Интернет вещей (IoT). Наиболее общим показателем развития IoT в отличие от развития Интернет является число вещей,

которые могут быть подключены к сети. Реализация *IoT* для военных областей уже получила название «Интернет боевых вещей» [4]. С технической точки зрения этот тренд направлен на создание устройств, не имеющих экранов и клавиатуры, создание так называемых «умных» вещей (логистических цепочек, транспортных боевых средств, разнообразных датчиков) и др.

Как представляется, эта технология станет исключительно востребованной при разработке стратегий применения боевых роботов в группах в интересах создания необходимых и достаточных условий самоорганизации.

Когнитивные технологии. Предполагается, что в результате создания аппаратно-программных комплексов, ориентированных под задачи искусственного интеллекта, к 2030 году будут разработаны новые системы обработки видеопотока, голосовые помощники и др., построенные на отечественной элементной базе. Развитие когнитивных технологий для военной сферы связано с созданием интерфейсов «Оператор-Боевая машина» и, в долгосрочной перспективе, управлением ВВСТ нестандартными по современным взглядам методами – голосом, жестами и др.

Введение принципов «когнитивности» в системы управления и стратегии применения ВВСТ является эффективным направлением при создании самоорганизующихся систем ВВСТ. Ведущая роль при этом принадлежит системам технического зрения, основанным на различных физических принципах (оптических, лазерных, инфракрасных, радиоэлектронных и др.), автономным системам управления, обученным в заданных парадигмах поведения и адаптивным в сложных недоопределенных средах.

Технологии связи. Можно с уверенностью предполагать, что в предстоящее десятилетие будут разработаны принципиально новые беспроводные сетевые технологии связи (5G, спутниковые, на основе отраженных сигналов и др.). Предполагается появление новых сетевых устройств-терминалов, которые соединят в едином информационном пространстве многочисленные устройства (смартфоны, мобильные персональные компьютеры, транспортную инфраструктуру, разнообразные датчики и др.), подключенные, например, через GPS или GLONASS в сеть Интернета вещей.

Во многом определяющими для эффективности ВВСТ станут средства связи, разработанные с учетом активного противодействия противника. Именно такие достижения предстоит отслеживать и внедрять в практику стратегий и тактики действий ВВСТ.

Технологии мультиагентного управления и диспетчирования ресурсов в распределенных системах. В настоящее время уже подтверждена актуальность представления образцов ВВСТ в виде программно-технических агентов, имеющих соответствующие возможности и потребности [4]. Это позволяет рассматривать объекты ВВСТ совместно с другими объектами на поле боя, действующими в рамках сетцентрических принципов иерархии и управления, как многоагентную систему; в математических моделях против такой системы действует аналогичная многоагентная группировка противника. В среднесрочной перспективе актуальны задачи формирования коллективных стратегий управления для всей группировки с учетом обученности боевых роботов в новых своего рода «эмоциональных» парадигмах, в частности, взаимопомощи друг другу, жертвенности и др.

Технологии гибридных интеллектуальных систем и человеко-машинного интеллекта. В последние годы традиционные методы искусственного интеллекта, такие как экспертные системы, нечеткие системы, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы и т.п. все чаще объединяются в гибридные интеллектуальные системы. Это система, состоящая из двух или более интегрированных подсистем, каждая из которых может иметь различные языки представления и методы вывода. Подсистемы объединяются функционально и семантически каждая с каждой. Так, например, иерархически соединяются экспертные системы с лингвистическим представлением знаний и самоорганизующиеся нечеткие нейронные сети с возможностью online-обучения. Нейронная сеть способствует быстрому обучению, в то время как экспертная система позволяет выполнить интерпретацию нечетких данных и объяснить полученное решение. Результат становится понятен, так как правила в базе знаний в «if..then» формате используют естественный язык.

Для оборонных приложений представляется интересной архитектура гибридных технологий искусственного интеллекта, в которой спе-

циальный модуль в зависимости от поставленной цели и текущих условий выбирает для функционирования те или иные интеллектуальные модули, входящие в систему, и объединяет отклики задействованных модулей. Для военной робототехники является перспективным использование гибридных систем, интегрирующих формализуемые знания (в экспертных системах) и неформализуемые (в нейронных сетях). Как правило, в состав таких систем входят нечеткая нейронная сеть, нечеткая экспертная система, модуль принятия и объяснения решений, интерфейсные модули, соединяющие нейронную сеть и экспертную систему и позволяющие взаимно преобразовывать данные сетей и систем.

Технологии «обработки естественных языков (разговорная аналитика)». Предполагается, что к 2030 году подавляющее большинство аналитических запросов будет генерироваться с помощью поиска, обработки естественного языка, голоса или автоматически.

Для ВВСТ такая технология может быть весьма актуальной, если будут решены задачи выделения полезной информации из окружающего «шума».

Технология «блокчейн». Блокчейн – это тип распределенного учетного журнала, хронологически упорядоченный список криптографически подписанных транзакционных записей, одобренных и разделяемых всеми участниками сети. Основная ценность блокчейна и распределенного реестра данных заключается в обеспечении децентрализованного доверия в сети недоверенных участников.

Для ВВСТ такая технология может быть весьма полезна при групповом применении в рамках концепции Интернета боевых вещей и реализации парадигмы самоорганизации с целью оценки доверия источника информации, предоставляющего информацию ситуационной осведомленности, выдающего команды, запрашивающего помощь и др.

Технологии создания среды решения задач ИИ. Такие технологии необходимы для расширения круга пользователей средств разработки решений на базе ИИ. Такие среды предоставляют инфраструктуру, фреймворки и платформы ИИ как для профессиональных разработчиков приложений, так и для неквалифицированных пользователей.

Средства разработки решений на основе ИИ получают дополнительные функции, автоматизирующие часть задач разработчика. Дополненная аналитика, автоматическое тестирование, автоматическая

генерация программного кода и автоматическая разработка решения позволяют существенно ускорить процесс разработки.

Средства разработки с встроенным ИИ будут к 2030 году эволюционировать от поддержки и автоматизации непосредственно задач разработки приложений к автоматизации деятельности, относящейся к более высоким уровням процессов разработки за счет встраиваемой в средства разработки экспертных систем предметной области.

Результаты в этом научном направлении целесообразно использовать при задании требований по оперативности создания, условиям разработки и обработки данных перспективных ВВСТ.

Технологии создания новых сетевых архитектур. Ожидается что в будущем десятилетии снизится актуальность использования централизованных облачных технологий и сервисов, в частности, широко распространенных трехуровневых архитектур. Будет происходить постепенный переход от периферийной (централизованной, облачной) архитектуры к mesh-архитектурам с устройствами и сервисами, подключенными в периферийную mesh-сеть. Возможно появление так называемых «распределенных облаков», то есть сервисов, находящихся за пределами физических ЦОДов облачного провайдера, но тем не менее находящихся под его контролем.

Предполагается разработка чипов нового поколения, реализующих отдельный функционал задач ИИ, что позволит увеличить вычислительную мощность при ограниченных физических параметрах, а также обучать платы с элементами ИИ с гораздо меньшими затратами энергии. В частности, ожидается разработка специализированных нейрочипов для решения задач машинного зрения и распознавания образов. К 2030 году должны быть созданы первые образы ИИ чипов с готовыми инструментами отладки и комплектом ПО и запатентованы новые сетевые архитектуры на новых вычислительных принципах. Могут появиться так называемые эффективные нейроморфные архитектуры. Они будут базироваться на программируемых вентильных матрицах (field-programmable gate arrays-FPGA) и графических ускорителях (graphics processing unit-GPU), которые позволят работать на скоростях больших, чем терафлоп, причем с высокой энергетической эффективностью.

Для решения задач робототехники новые сетевые архитектуры важны в плане создания архитектур единых сред информационно-коммуникационного взаимодействия на поле боя. Как представляется, данное направление будет развиваться самостоятельным образом; архитектуры, в которых будут задействоваться ВВСТ, будут интегрироваться в mesh-архитектуры как отдельные элементы сетей, связанные с другими сетями по информации и управлению. Кроме того, mesh-сети будут использоваться и как архитектуры взаимодействия при групповом применении ВВСТ.

Иммерсивные технологии (погружения). В период до 2030 года ожидается разработка новых коммуникационных платформ взаимодействия между людьми и машинами с глубоким визуальным, тактильным и осязательным погружением. Предполагается, что технологии дополненной, смешанной и виртуальной реальности будут изменять способ восприятия мира. Системы виртуальной реальности позволят ощущать окружающий мир и отслеживать свое местоположение, а дополненной и смешанной реальности - видеть мир и взаимодействовать с ним. Предполагаются широкие возможности коммуникационных платформ (виртуальные личные помощники, чат-боты и др.), разработка сенсоров с распознаванием эмоций на основе мимики выражения лица, очков и линз, подключенных к Интернету с использованием виртуальной реальности и др.

С учетом того, что полной автономности роботизированных систем военного назначения достичь в 2030 году будет вряд ли возможно, иммерсивные технологии могли бы быть использованы для обучения операторов роботизированных средств.

Технологии создания специализированных ЦОДов, суперкомпьютеров и суперкомпьютерных центров. В РФ подготовлена концепция развития национальной суперкомпьютерной инфраструктуры, которая предусматривает создание разветвленной сети суперкомпьютерных центров различного уровня, в том числе ориентированных на решение задач ИИ, но в национальной стратегии развития искусственного интеллекта отсутствуют какие-либо упоминания о необходимости создания суперкомпьютерных центров, ориентированных на ИИ и нет синхронизации с концепцией развития национальной суперкомпьютерной инфраструктуры. Однако, в основных руководящих документах ставится дру-

гая задача – развивать специализированные ЦОДы коллективного и индивидуального пользования, построенные на базе высокоплотных аппаратно-программных комплексов на российских ИИ процессорах с новыми интерконнектами (в том числе оптическими), ориентированные на отработку решений и задач ИИ на базе ПЛИС-прототипов (программируемых логических интегральных схем) и перспективных микросхем.

Трудно прогнозировать сейчас развитие ситуации с созданием в РФ мощных суперкомпьютеров мирового класса. Однако возможна разработка компьютеров, более низкопроизводительных по сравнению с ними (до 3-5 Терафлопс), но вполне достаточных для решения задач обработки Big Data, собираемых в интересах создания и обучения систем управления ВВСТ.

Технология граничных вычислений. К 2030 году ожидается существенный рост внедрения датчиков, систем хранения, вычислений, запоминающих и вычислительных компонент, технологий искусственного интеллекта в периферийные устройства.

Граничные вычисления осуществляются в рамках топологии, в которой обработка информации, а также сбор и доставка контента размещаются ближе к источникам информации. В настоящее время внимание к этой технологии во многом обусловлено необходимостью систем Интернета вещей предоставлять отключенные или распределенные сервисы.

Для военной робототехники при рассмотрении роботов как периферийных устройств технология граничных вычислений может быть полезной в условиях группового управления.

Технология «цифровых двойников». «Цифровой двойник» – это цифровое представление, являющееся отражением реального объекта, процесса или системы. Цифровые двойники могут увязываться друг с другом, создавая таким образом цифровые двойники более крупных систем.

Отличительными чертами современных цифровых двойников являются следующие:

- возможность оперативной связи с реальным миром, потенциально делающая возможными мониторинг и контроль «двойников» в реальном времени;
- использование методов анализа больших данных и искусственного интеллекта;

- возможность взаимодействовать с «двойниками» в рамках оценки сценариев «что..если».

Идея «цифровых двойников» при разработке и использовании ВВСТ, по-видимому, может стать весьма востребованной при создании моделирующих комплексов, в которых будут прорабатываться сценарии боевого применения. Уровень цифровой проработки деталей такого «двойника» может быть совершенно различным, но актуальность создания таких моделей очевидна.

Технология квантовых вычислений. Квантовые компьютеры – это нетрадиционный тип компьютеров, основанных на квантовых состояниях элементарных частиц, представляющих информацию в виде квантовых битов или «кубитов». Квантовые компьютеры предлагают модель вычислений с экспоненциальным масштабированием и высокопараллельной обработкой. Основными проблемами создания квантовых компьютеров являются чрезвычайная подверженность шумам (причем чем больше число кубитов, тем сильнее эта зависимость), а также сложности ввода-вывода информации, поскольку любое внешнее воздействие может приводить к разрушению квантового состояния кубитов.

В 2018 году компания Google объявила о создании 72-кубитного квантового компьютера. По оценкам специалистов, решение практически значимых задач потребует создания квантового компьютера с числом логических кубитов от 500 до 2000. При этом обязательно потребуются и дополнительные кубиты, используемые только для коррекции результата, число которых может на порядок превысить число вычислительных кубитов.

Эффективность квантовых вычислений уже продемонстрирована, хотя для ограниченного круга задач. Вместе с тем нельзя исключать, что проникновение квантовых вычислений в практику решения задач с использованием ВВСТ произведет революцию в робототехнике. Прежде всего, это связано с созданием квантовых алгоритмов самоорганизации, разработкой так называемых робастных систем управления, устойчивых в нестандартных ситуациях. Интересным направлением является и применение в долгосрочной перспективе квантовых стратегий управления ВВСТ, которые, как представляется, могут создать существенно затрудненные условия распознавания и прогнозирования противником действий ВВСТ в «мозаичных войнах».

Методический подход к определению потребностей Минобороны России в перспективных технологиях искусственного интеллекта (на примере роботехнических комплексов)

Практический опыт внедрения систем ИИ в образцы ВВСТ показал следующее.

Российские ученые понимают возможности, предоставляемые технологиями искусственного интеллекта, но по ряду причин предпочитают рассматривать их применимость преимущественно в гражданской сфере. Научно-инженерный состав организаций военно-промышленного комплекса относится к технологиям искусственного интеллекта с осторожностью, понимая необходимость существенных финансовых вложений в разработку с неясными перспективами реализации и включения проектов в Гособоронзаказ. Сотрудники же организаций Минобороны России понимают направления и практические потребности развития систем вооружений, но, в силу различных причин, не осознают, использование каких технологий искусственного интеллекта при этом могло бы обеспечить эффективность будущих решений.

Наш анализ показывает, что для использования технологий ИИ необходимо для каждого направления развития образцов ВВСТ соединить потребности Вооруженных Сил и возможности технологий искусственного интеллекта, прежде всего из групп, рассмотренных выше.

Опишем общий подход к таким процессам применительно и для примера к военной робототехнике (рисунок 1).

Тактико-технические требования к боевым роботам задают уполномоченные организации по видам и родам ВС РФ. При этом формулируются требования к функционалу (автономность, адаптивность и др.), облику, испытаниям для проверки реализуемости функций как роботов в целом, так и используемых в их системах внедренных элементов ИИ. Важными являются также и требования к сценариям будущих боевых действий, так как элементы ИИ могут внедряться и в алгоритмы самоорганизации роботов, средствам поддержки принятия решений органами военного управления, моделям наработки необходимых прецедентов в процессе командно-штабных учений и др.

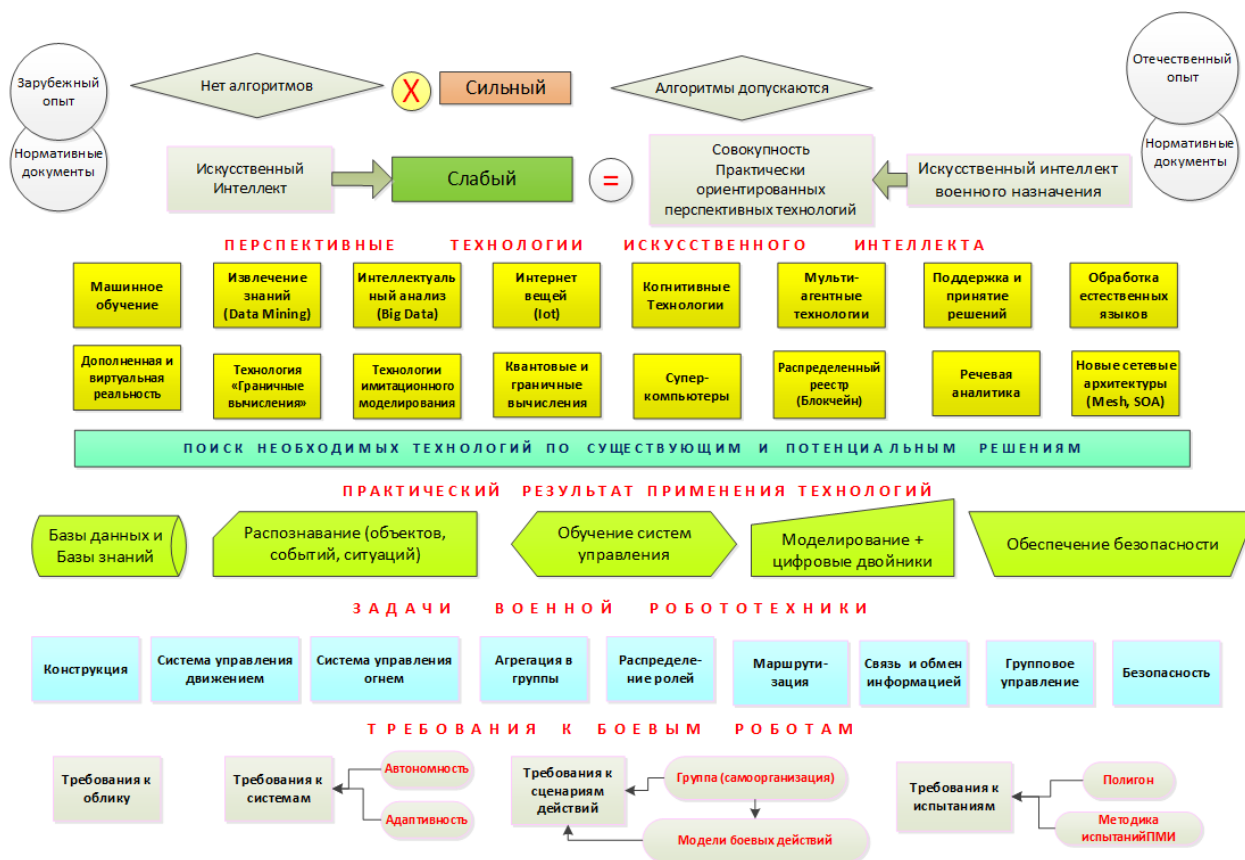


Рисунок 1 – Иллюстрация процесса поиска технологий искусственного интеллекта в интересах создания боевых робототехнических комплексов

Указанные требования предъявляются не в общем, а в конкретных технических приложениях по направлениям: конструкция, система управления движением, система управления огнем, система технического зрения, способы агрегации роботов в группы, распределение ролей, маршрутизация, связь и обмен информацией и др.

Очевидно, что по каждому направлению любые требования в конечном итоге сводятся к поиску инновационных решений в сферах обработки больших данных, извлечения новых знаний, распознавания объектов, событий, ситуаций, обучения систем управления, моделирования, прогнозирования, создания цифровых двойников и др. В свою очередь, с каждой из выбранных областей искусственного интеллекта связаны новые технологии в указанных выше в разделе 3 многочисленных направлениях. Таким образом, следуя по схеме «сфера-группа-направление в группе-технология искусственного интеллекта» суще-

ственно снижается область поиска потенциально эффективных решений в области ИИ для реализации конкретных пунктов ТЗ и такому поиску придается требуемая целенаправленность .

Сформулируем некоторые выводы.

1. Россия в области разработки прикладных систем искусственного интеллекта, особенно применительно к военной сфере, пока еще отстает от развитых зарубежных стран.

2. В Министерстве обороны РФ пока еще отсутствует концептуальный, единый и закреплённый нормативными документами (концепция, стратегия, техническая политика, дорожная карта и др.) взгляд на использование технологий ИИ в военной сфере, и, в частности, при разработке ВВСТ.

3. Технологии ИИ, разрабатываемые в гражданской сфере, имеют ярко-выраженное «двойное» применение, но владельцы решений по таким технологиям по различным причинам сдерживают их внедрение в оборонные приложения.

4. Сформировались семь основных направлений разработок в области ИИ, достижения в которых могут быть использованы для повышения эффективности систем вооружений, и, в частности, ВВСТ :

- разработки в области приобретения и представления знаний, анализа данных и автоматического порождения гипотез;
- разработки в области интеллектуальных динамических систем и построения планов на основе многоагентных технологий;
- разработки в области обучения и самообучения интеллектуальных систем управления;
- разработки в области моделирования рассуждений на основе разрозненной, противоречивой и недоопределенной информации;
- разработки систем общения на естественном языке, в частности, для отдачи и понимания неформализованных команд;
- разработки в области связи и коммуникаций, в частности, реализация концепции Интернета боевых вещей;
- инструментальные средства и технологии.

5. Основные требования к разработке ВВСТ с ИИ следующие: Образец ВВСТ должен уметь самостоятельно принимать решения, быстро реагировать на изменение фоно-целевой обстановки, запоминать и использовать прецеденты своих предыдущих действий для самообучения.

6. Очевидна необходимость военно-научного сопровождения всего спектра указанных работ, многие из которых носят фундаментальный характер с целью выявления технологий двойного назначения и применения. Так, нельзя отрицать полезность проведения аналогий построения моделей поддержки принятия решений и боевого управления по образу и подобию аналогичных процессов в природе. Вместе с тем вряд ли следует отдавать в рассматриваемой среднесрочной перспективе приоритет военным роботам, которые строятся как биоподобные и антропоморфные образцы вооружений.

7. Поиск новых решений в области искусственного интеллекта для их возможного использования в системах ВВСТ целесообразно осуществлять по пути кластеризации тактико-технических требований образцов ВВСТ, установления соответствия этих требований процессам, в которых используются технологии ИИ и, как следствие, поиска технологий, которые разрабатываются для таких процессов.

Список использованных источников

1. Буренок В.М. Новая парадигма силового противостояния государств на основе применения искусственного интеллекта // Вооружение и экономика. 2020. №2(52). С. 4-8.
2. Райков А.Н. Слабый vs сильный искусственный интеллект // Информатизация и связь. 2020. №1. С. 81-88.
3. Каляев И.А. Искусственный интеллект: Камо Грядеши? // Экономические стратегии. 2019. Т.21. №5(163). С. 6-15.
4. Абросимов В.К. Коллективы интеллектуальных летательных аппаратов: монография. М.: Издательский дом «Наука», 2017. 304 с.
5. Буренок В.М. Направления и проблемы применения искусственного интеллекта // Материалы научной конференции «Искусственный интеллект: проблемы и пути их решения». М.: Парк «Патриот», 2018. С. 3-8.

УДК 623.094

А.С. ГУСЕВА

Р.А. ДУРНЕВ, доктор технических наук, доцент

ОЦЕНКА ЖИВУЧЕСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Выполнена априорная оценка живучести и эффективности мини-БПЛА с помощью нового методического подхода. Показана принципиальная возможность его использования для обоснования системы эшелонированной обороны от массированного нападения мини-БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; этапы применения; поражающие факторы; живучесть элементов; эшелонированная оборона.

В работе [1] представлен методический подход к предварительной технико-экономической оценке традиционных и нетрадиционных систем противодействия массированному налету мини-БПЛА. Он позволяет учитывать живучесть к воздействию поражающих факторов (ПФ) на отдельные элементы, подсистемы и образцы мини-БПЛА, а также способы и условия их применения.

В настоящей статье с применением указанного методического подхода, в основу которого положен адаптированный к решаемой задаче логико-вероятностный метод (ЛВМ) [2], проведена условная оценка живучести и эффективности мини-БПЛА. Ее условность определяется произвольным выбором элементов рассматриваемого летательного аппарата типа «квадрокоптер», не отражающим их конкретный состав в реальных образцах, и, соответственно, гипотетичностью рассматриваемой структурно-логической схемы (СЛС), выбором абстрактных элементов полета и этапов применения мини-БПЛА, а также неопределенностью данных по изменению живучести элементов при воздействии на них различных ПФ. В целом необходимо отметить, что все оценки осуществляются только в методических целях, для принципиальной оценки возможностей данного подхода.

Основная СЛС, учитывающая живучесть элементов мини-БПЛА, их структуру (взаимное расположение с учетом материальных, информационных и энергетических связей), а также тактические особенности использования указанного летательного аппарата, показана на рисунке 1. Построение этой и последующих СЛС, а также все расчеты осуществлялись с использованием программного комплекса (ПК) «Арбитр» на основе схем, приведенных в [1].

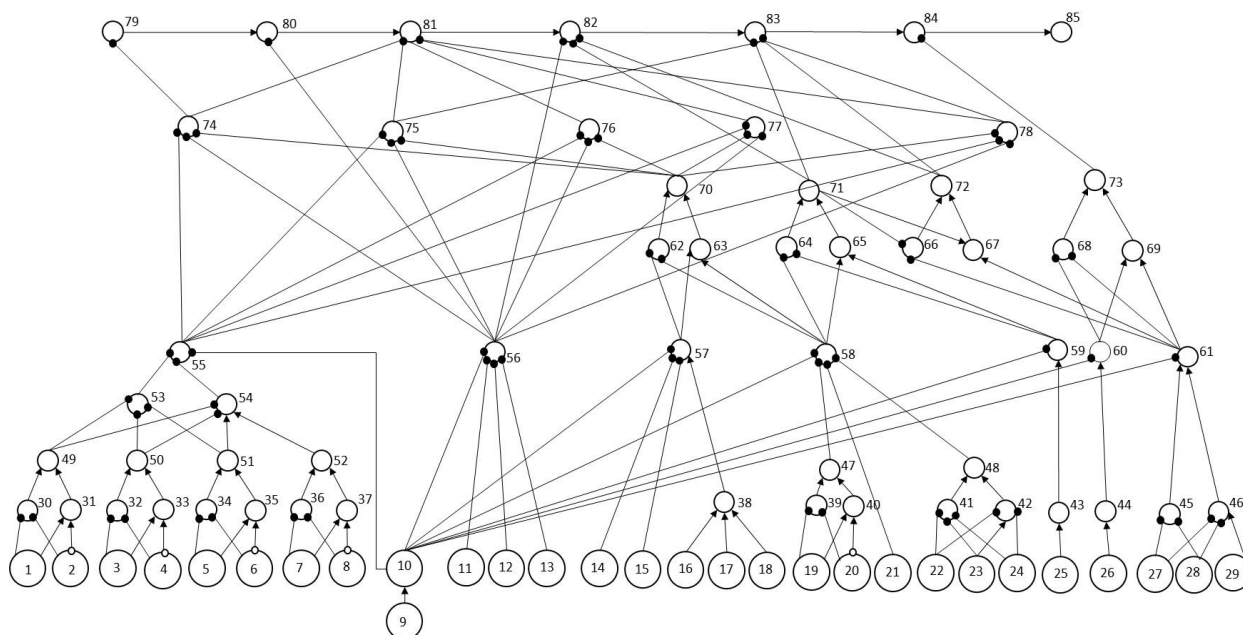


Рисунок 1 – СЛС выполнения задачи по поражению объекта с использованием мини-БПЛА

На вышеприведенном рисунке функциональными вершинами обозначены следующие элементы блоков мини-БПЛА [3-5]:

двигательный блок: 1, 3, 5, 7 – двигатели; 2, 4, 6, 8 – электронные контроллеры скорости (ЭКС) вращения;

энергетический блок: 9 – аккумуляторная батарея; 10 – плата распределения питания (ПРП);

блок бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ): 11 – синхронизатор; 12 – блок цифровой обработки; 13 – устройство ввода-вывода;

блок телеметрии и связи: 14 – бортовой модуль телеметрии; 15 – бортовая антенна; 16 – модуль мобильной связи; 17 – модуль связи на базе Wi-Fi (Wi-Max, LTE); 18 – модуль спутниковой связи;

блок инерциальной навигационной системы: 19 – гироскоп; 20 – магнитометр; 21 – датчик абсолютного давления; 22 – датчик угловой скорости; 23 – акселерометр; 24 – датчик разности давлений;

блок спутниковой навигации: 25 – антенна спутниковой навигации; 43 – модуль спутниковой навигации;

блок целевой нагрузки: 26 – электронный контроллер пуска целевой нагрузки; 44 – целевая нагрузка (например, заряд ВВ);

оптико-электронный блок: 27 – тепловизор; 28 – ПЗС – матрица; 29 – лазерный указатель.

Фиктивными вершинами 30-42, 45-73 показаны «сборки отказов» вследствие потери живучести блоков двигательного, БЦВМ, телеметрии и связи, инерциальной навигационной системы, спутниковой навигации, целевой нагрузки и оптико-электронного блока.

Фиктивными вершинами 74-78 обозначены соответственно такие условные элементы полета мини-БПЛА, как «вверх», «влево-вправо», «вперед», «назад» и «вниз». Необходимость рассмотрения данных элементов полета определяется тем, что при них могут быть задействованы различные элементы (комплексы оборудования) рассматриваемого летательного аппарата. Воздействие ПФ по отдельным элементам мини-БПЛА будет приводить к их отказам и, соответственно, к потере возможности выполнять некоторые элементы полета, т.е. к потере функциональности образца. Это, в свою очередь, негативно скажется на реализации таких условных этапов применения мини-БПЛА, как «взлет» (79), «расчет маршрута» (80), «движение к цели» (81), «уточнение маршрута к цели» (82), «пикирование на цель» (83) и «огневое воздействие на цель» (84). Вершина 85 соответствует вероятности выполнения задачи.

Остальные вершины обозначают логически сложные события, связанные с дублированием некоторых функций, возможностью сохранения частичной работоспособности мини-БПЛА даже при отказе определенных элементов и т.п.

Следует отметить, что в рамках ЛВМ вначале осуществляется построение «функций работоспособности системы» (ФРС), под которой понимается «точное и однозначное представление множества состояний системы, в которых реализуется соответствующий критерий» [2] (в нашем случае – вероятность поражения (85)). Очевидно, что в данном

алгоритме должен быть предусмотрен перебор практически всех «маршрутов» СЛС, число которых растет экспоненциально от числа вершин и связей между ними. Это подтверждается и авторами [2], которые говорят о том, что «методы определения ФРС имеют очень высокую, экспоненциальную сложность, особенно для высокоразмерных системных объектов».

Также и следующий этап ЛВМ – преобразование ФРС в вероятностную функцию, «обладает экспоненциальной сложностью, т.е. является алгоритмически неэффективным» [2]. Все это позволяет предположить, что это NP-задача, время решения которой в геометрической прогрессии (экспоненциально) растет с увеличением объема данных. В этой связи при превышении времени авторского терпения в получении результатов расчетов по схеме на рисунке 1 были предприняты попытки упростить, в том числе декомпозировать, данную задачу.

Для этого вначале производился расчет вероятности безотказной работы мини-БПЛА в зависимости от живучести его элементов, т.е. без учета тактических особенностей его применения. Абсолютное значение указанной вероятности зависит, в основном, от конкретных значений живучести (вероятностей безотказной работы) элементов. Тривиально увеличивая данные значения можно добиться повышения живучести мини-БПЛА в целом. В этой связи большой интерес представляла оценка вкладов различных элементов в обеспечение живучести рассматриваемого образца с учетом их дублирования и резервирования, конкретной структуры связей и т.п. Под вкладом понимается значение абсолютного изменения системного показателя (вероятности безотказной работы мини-БПЛА) при изменении значения показателя элемента (живучести) от нуля до единицы.

Расчеты, приведенные в отчете о НИР¹, показывают, что в наибольшей степени живучесть мини-БПЛА зависит от живучести ПРП, а также составных частей БЦВМ, в несколько меньшей (примерно на 10%) – от живучести каждого из двигателей (в связи с принятым допу-

¹Отчет о НИР «Методический аппарат оценки уязвимости образцов мини-БПЛА к воздействию поражающих факторов современного оружия». М.: ФГБУ «РАРАН», 2020. 78 с. Отчёт занял 1 место на конкурсе научно-исследовательских теоретических и экспериментальных работ, связанных с обоснованием развития и создания вооружения, военной и специальной техники, молодых ученых организаций-ассоциированных членов РАРАН.

щением о том, что возможность передвижения квадрокоптера сохранится при выходе из строя одного двигателя) и аккумулятора. Вклад элементов блока инерциальной навигационной системы примерно на 50% ниже уровня ПРП (за исключением магнитометра, вклад которого намного ниже) и т.д. Эти данные могут позволить как обосновать мероприятия по повышению живучести отдельных элементов и их блоков, так и параметры ПФ для подавления или уничтожения мини-БПЛА.

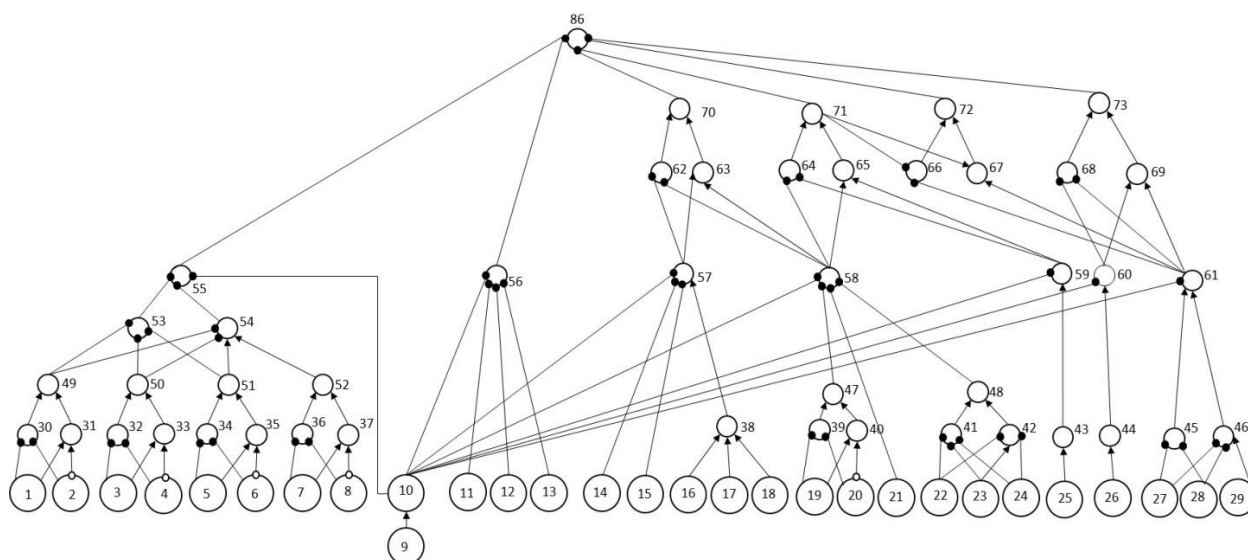


Рисунок 2 – СЛС для оценки живучести блоков элементов

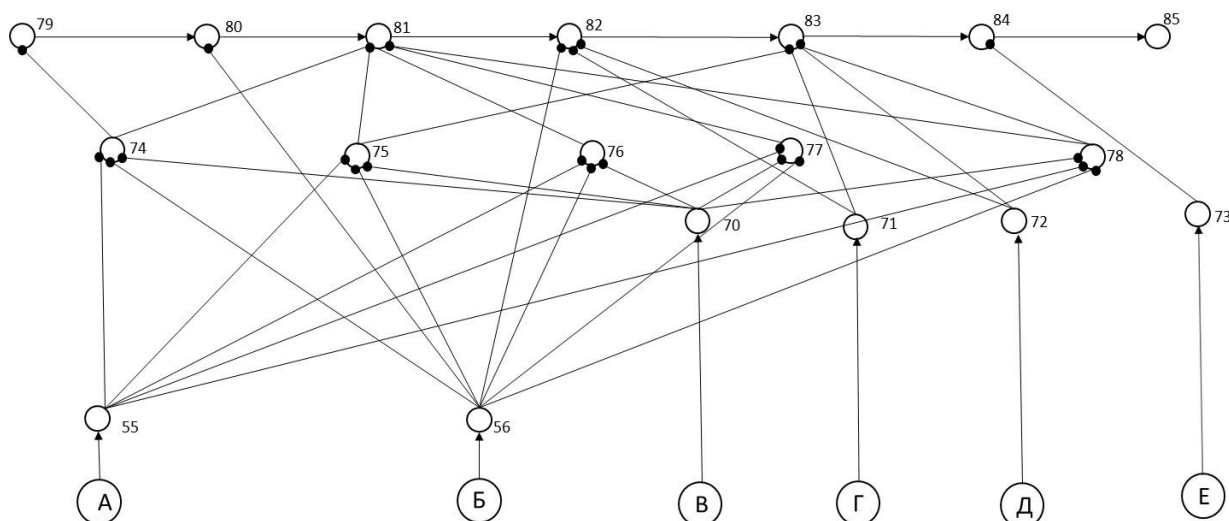


Рисунок 3 – СЛС для оценки вероятности выполнения задачи по поражению объекта с использованием мини-БПЛА

В целях одновременного учета технических и тактических особенностей применения мини-БПЛА задача была декомпозирована на две составляющие – оценка живучести блоков элементов (рисунок 2) и оценка вероятности выполнения задачи мини-БПЛА (поражение объекта) с учетом значений живучести блоков элементов (рисунок 3).

На рисунке 2 вершина 70 учитывает возможность частичного дублирования (взаимодополнения, пересечения) функций блоков телеметрии и связи и инерциальной навигационной системы, 71 – блоков инерциальной навигационной системы, спутниковой навигации и оптико-электронного блока, 72 – инерциальной навигационной системы и оптико-электронного блока, 73 – оптико-электронного блока и блока целевой нагрузки. 86 – это функциональная вершина оценки живучести блоков элементов мини-БПЛА.

На рисунке 3 на нижнем уровне показаны функциональные вершины А-Е, содержащие обобщенные значения живучести блоков элементов.

Расчеты в отчете о НИР² показывают, что влияние блоков элементов на вероятность поражения объекта с использованием мини-БПЛА можно ранжировать (от большего к меньшему) следующим образом:

- 1 – двигательный блок и БЦВМ;
- 2 – совместно блоки телеметрии и связи и инерциальной навигационной системы;
- 3 – совместно блоки инерциальной навигационной системы, спутниковой навигации и оптико-электронный блок;
- 4, 5 – совместно блок инерциальной навигационной системы и оптико-электронный блок;
- 4, 5 – совместно оптико-электронный блок и блок целевой нагрузки.

Интересным представляется тот факт, что вклад оптико-электронного блока меняется в зависимости от комбинаций используемого оборудования для выполнения различных элементов полета и этапов применения мини-БПЛА.

Указанная процедура декомпозиции имеет определенную методическую ценность, наверное тем большую, чем больше вершин и ребер рассматривается. Но, к сожалению, при её применении теряется часть

²Отчет о НИР «Методический аппарат оценки уязвимости образцов мини-БПЛА ...».

информации о влиянии живучести элементов на вероятность поражения с использованием мини-БПЛА, т.к. для основной СЛС (рисунок 1) перебираются не все возможные комбинации вариантов. В этой связи в целях получения дополнительной информации оценивалось влияние живучести элементов на каждый из этапов применения мини-БПЛА. Это является вполне корректным, т.к. этапы выполняются последовательно и каждый из них безусловно важен для выполнения задачи в целом (за некоторым исключением последнего этапа, реализация которого во многих условиях боевой задачи может быть детерминирована, например, путем дистанционного, контактного и других видов подрыва ВВ).

Оценка вкладов живучести отдельных элементов мини-БПЛА в вероятность реализации этапа «взлет» показывает, что в наибольшей степени данный этап зависит от живучести ПРП, а также составных частей БЦВМ. В несколько меньшей (примерно на 10%) указанная вероятность зависит от живучести каждого из двигателей и аккумулятора. Вклад элементов блока бортовой телеметрии и связи, а также совместный вклад этого блока и инерциальной навигационной системы примерно на 50% ниже уровня ПРП.

Вклады живучести отдельных элементов мини-БПЛА в вероятность реализации этапа «расчет маршрута» значительны только для ПРП и составных частей БЦВМ.

Для этапа «движение к цели», как показывают расчеты³, наибольшее влияние оказывают ПРП, составные части БЦВМ, блок бортовой телеметрии и связи. Несколько меньшее влияние (примерно на 10%) у каждого из двигателей и аккумулятора. На 45-50% ниже значения совместного вклада блока бортовой телеметрии и связи и инерциальной навигационной системы (от уровня ПРП). Еще меньше вклад у остальных элементов мини-БПЛА.

Вероятность реализации этапа «уточнение маршрута» в большей степени зависит от совместной живучести инерциальной навигационной системы и блока спутниковой навигации. На 25-30% меньше вклад ПРП, БЦВМ и оптико-электронного блока.

Вклады живучести отдельных элементов мини-БПЛА в вероятность реализации этапа «пикирование на цель» наиболее значительны для

³Отчет о НИР «Методический аппарат оценки уязвимости образцов мини-БПЛА ...».

элементов блока бортовой телеметрии и связи, инерциальной навигационной системы и оптико-электронного блока. На 10-15% меньше вклад у ПРП, двигателей и БЦВМ, на 50-55% – у блока спутниковой навигации.

Для этапа «огневое воздействие», как показывают расчеты, значимы, в основном, блок целевой нагрузки, оптико-электронный блок и ПРП.

С учетом вышеприведенных результатов возможно оценить обобщенную значимость элементов мини-БПЛА с точки зрения влияния на вероятности реализации этапов применения данного летательного аппарата. В связи с условностью и приближенностью расчетов такая оценка проводилась по порядковой (ранговой) шкале (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка обобщенной значимости элементов мини-БПЛА

Блоки элементов (элементы)	Ранги блоков элементов для этапов применения						Сумма рангов	Обобщенная значимость
	взлет	расчет маршрута	движение к цели	уточнение маршрута	пикирование на цель	огневое воздействие		
ПРП	1	1	1	2	2	1	8	1
двигательный блок	2	2	2	3	2	2	13	4
БЦВМ	1	1	1	2	2	2	9	2
блок телеметрии и связи	3	2	2	3	1	2	14	5
блок инерциальной навигационной системы	3	2	3	1	1	2	12	3
блок спутниковой навигации	4	2	4	1	3	2	16	6
блок целевой нагрузки	4	2	4	3	4	1	18	7
оптико-электронный блок	4	2	4	2	1	1	14	5

С учетом данных таблицы 1 возможно сделать следующие предварительные выводы.

1. Для мини-БПЛА условного противника вне зависимости от этапов его применения целесообразно воздействие ПФ, прежде всего, на ПРП, элементы БЦВМ, блок инерциально-навигационной системы и двигательный блок (совместно с ЭКС). При этом очевидно, что воздействие по данным элементам целесообразно совершать на ранних этапах применения, т.к. их отказ является катастрофичным и для реализации более поздних этапов применения.

2. При разработке отечественных мини-БПЛА целесообразно предусмотреть меры по увеличению живучести элементов данных блоков.

3. В зависимости от этапов применения мини-БПЛА рационально использование следующих типов вооружения:

для этапов «взлет» и «расчет маршрута» – зенитные ракетно-пушечные комплексы (ЗРПК) (для механического поражения энергетического и двигательного блока или мини-БПЛА в целом), оружие направленной энергии (ОНЭ), кроме лазерного (для подавления БЦВМ и ПРП);

для этапа «движение к цели» – ЗРПК (для механического поражения энергетического и двигательного блока), ОНЭ, кроме лазерного (для воздействия на ПРП, ЭКС двигателей, объекты микроэлектроники в составе БЦВМ), а также средства РЭБ (для подавления блока телеметрии и связи);

для этапа «уточнение маршрута» – средства РЭБ (для подавления блока спутниковой навигации), ОНЭ, кроме лазерного, (для подавления инерциально-навигационной системы, ПРП, БЦВМ и оптико-электронного блока);

для этапа «пикирование на цель» – средства РЭБ (для подавления блока телеметрии и связи), ОНЭ, включая лазерное (для подавления инерциально-навигационной системы, ПРП, БЦВМ и оптико-электронного блока).

Для скоротечного этапа «огневое воздействие» можно условно предложить применение лазерного оружия для подавления оптико-электронного блока и поражения блока целевой нагрузки.

4. Предыдущий вывод можно использовать для обоснования параметров эшелонирования обороны от массированного применения мини-БПЛА:

в первом эшелоне – ЗРПК, ОНЭ;

во втором эшелоне – ЗРПК, средства РЭБ, ОНЭ (кроме лазерного);

в третьем эшелоне – РЭБ, ОНЭ, включая лазерное оружие.

При наличии исходных данных по характеристикам мини-БПЛА, параметрам массированного удара, координатным и параметрическим законам воздействия ПФ указанных видов оружия, а также особенностям обороняемого объекта возможно обоснование практически всех параметров системы эшелонированной обороны от массированного налета рассматриваемых средств воздушного нападения.

5. Исходя из полученных результатов возможно предположить, что целесообразно:

увеличение чувствительности средств радиолокации, радио- и радиотехнического, оптико-электронного и акустического наблюдения (для целеуказания ЗРПК);

обеспечение многоспектральности аппаратуры обнаружения и целеуказания для ЗРПК;

увеличение дальности действия ОНЭ и т.п.

Таким образом, методический подход к предварительной технико-экономической оценке традиционных и нетрадиционных систем противодействия массированному налету мини-БПЛА позволяет определить элементы мини-БПЛА, которые в первую очередь целесообразно поражать или подавлять, рациональные типы вооружения для использования против указанных летательных аппаратов на различных этапах их применения, параметров эшелонирования обороны от массированного применения мини-БПЛА, а также направления развития современных видов вооружения в интересах борьбы с ними.

Список использованных источников

1. Гусева А.С., Дурнев Р.А., Свиридок Е.В. Методический подход к оценке эффективности поражения воздушных РТК // Сборник IV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов организаций – ассоциированных членов РАН «Молодежь. Наука. Инновации в оборонно-промышленном комплексе». Реутов: ФГБУ РАН, АО «ВПК «НПО машиностроения», 2020.

2. Поленин В.И., Рябинин И.А., Свирин С.К., Гладкова И.А. Применение общего логико-вероятностного метода для анализа технических, военных организационно-функциональных систем и вооруженного противоборства / Под ред. А.С. Можяева. СПб.: СПб-региональное отделение РАН, 2011. 416 с.

3. Макаренко С.И., Тимошенко А.В., Васильченко А.С. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2020. №1.

4. Интеллектуальные информационные управляющие системы со сложными локационными сигналами для беспилотных летательных аппаратов / Подоплёкин Ю.Ф. [и др.]. СПб.: БГТУ; АО «Концерн «Гранит-Электрон»; РАН, 2020. 244 с.

5. Биард Р.У., МакЛэйн Т.У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2015. 312 с.

УДК 623.419

А.А. МУНТЯНУ, кандидат
технических наук

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ ГРУППИРОВКИ КОМПЛЕКСОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ

В статье представлены основные этапы и процедуры по оценке показателей, отражающих результаты реализации мероприятий по техническому оснащению (переоснащению) группировки комплексов стратегического ракетного вооружения.

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

В предыдущей статье¹ была представлена постановка задачи, связанной с совершенствованием научно-методического обеспечения военно-технических исследований, направленных на анализ технической оснащенности группировки комплексов стратегического ракетного вооружения² (далее – группировки стратегических комплексов).

Исходя из того, что основными составными частями стратегических комплексов являются образцы ВВТ, от численности и тактико-технических характеристик которых зависит уровень решения группировкой ее целевых задач, то в данной статье предлагается рассмотреть последовательное решение поставленной задачи для составных частей стратегических комплексов второго уровня их декомпозиции.

На первом этапе исследований на основе анализа матриц связности стратегических комплексов и их составных частей с программными мероприятиями $N_{[l,k]}$, $M_{[l,m]}^k$, $\Phi_{[l,n]}^{km}$ формируются следующие подмножества:

$$\forall k \wedge m \exists \Pi_{km}^0 = \{\Pi_{km1}^0, \Pi_{km2}^0, \Pi_{km3}^0, \Pi_{km4}^0, \Pi_{km5}^0\}, \quad (1)$$

¹ Мунтяну А.А. Постановка задачи по оценке технической оснащенности группировки комплексов стратегического ракетного вооружения // Вооружение и экономика. 2021. №1(55).

²В статье под комплексами стратегического ракетного вооружения понимаются ударные комплексы РВСН, ракетные подводные лодки стратегического назначения с баллистическими ракетами подводных лодок, стратегические бомбардировщики с крылатыми ракетами воздушного базирования.

$$\forall k \wedge m \exists \Pi_{km}^B(t_\alpha) = \{\Pi_{km1}^B(t_\alpha), \Pi_{km2}^B(t_\alpha), \dots, \Pi_{kml}^B(t_\alpha), \dots, \Pi_{kmL}^B(t_\alpha)\}, \quad (2)$$

$$\forall k \wedge m \exists \Pi_{km}^O \wedge \Pi_{km}^B(t_\alpha) \in \Pi^{CPB}, \quad (3)$$

$$\forall t_\alpha \in \Delta T \exists \Pi_{km1}^O \vee \Pi_{km2}^O \vee \Pi_{km3}^O \vee \Pi_{km4}^O \vee \Pi_{km5}^O, \quad (4)$$

где Π_{km}^O – подмножество параметров, отражающих «основные» программные мероприятия по поддержанию или развитию образца ВВТ m -го типа k -го стратегического комплекса; Π_{km1}^O – «основное» программное мероприятие первой подгруппы, связанное с образцом ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа; Π_{km2}^O – «основное» программное мероприятие второй подгруппы, связанное с образцом ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа; Π_{km3}^O – «основное» программное мероприятие третьей подгруппы, связанное с образцом ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа; Π_{km4}^O – «основное» программное мероприятие четвертой подгруппы, связанное с образцом ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа; Π_{km5}^O – «основное» программное мероприятие пятой подгруппы, связанное с образцом ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа; $\Pi_{km}^B(t_\alpha)$ – подмножество параметров, отражающих «обеспечивающие» программные мероприятия по поддержанию или развитию образца ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_α ; $\Pi_{kml}^B(t_\alpha)$ – «обеспечивающее» l -е программное мероприятие, связанное с образцом ВВТ m -го типа стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_α .

Алгоритм формирования данных подмножеств для единичного момента времени t_α имеет следующий вид:

1. Из множества $X^{CPB}(t_H)$ выбирается к рассмотрению тип стратегического комплекса $k=k'$.

Если $K - k' > 0$, то осуществляется переход к п.2, в ином случае распределение программных мероприятий по типовым группам завершается.

2. Из множества $Z_{k'}^{BBT}(t_H)$ выбирается к рассмотрению тип образца ВВТ $m=m'$.

Если для рассматриваемого стратегического комплекса $M - m' > 0$, то осуществляется переход к п.3, в ином случае переход к п.1.

3. Из множества Π^{CPB} выбирается к рассмотрению программное мероприятие $l = l'$.

Если $L - l' > 0$, то осуществляется переход к п.4, в ином случае переход к п.5.

4. Мероприятие $\Pi_{l'}$ проверяется на соответствие категории «основное» для образца ВВТ m' -го типа.

Если на основе рассмотрения матриц $N_{[l,k]}$, $M_{[l,m]}^k$, $\Phi_{[l,n]}^{km}$ ³ определяется, что:

$$\eta_{l'k'} = \mu_{l'm'}^{k'} = 1 \wedge \forall \Pi \in m' \Rightarrow \phi_{l'n'}^{k'm'} = 0, \quad (5)$$

$$\eta_{l'k'} = \{0; 1\} \wedge \eta_{l'k'} \in N_{[l,k]}, \quad (6)$$

$$\mu_{l'm'}^{k'} = \{0; 1\} \wedge \mu_{l'm'}^{k'} \in M_{[l,m]}^k, \quad (7)$$

$$\phi_{l'n'}^{k'm'} = \{0; 1\} \wedge \phi_{l'n'}^{k'm'} \in \Phi_{[l,n]}^{km}, \quad (8)$$

где η_{lk} – параметр, отражающий организационно-технологическую связность l -го программного мероприятия со стратегическим комплексом k -го типа. $\eta_{lk} = 1$, если программное мероприятие направлено на поддержание или развитие стратегического комплекса, в противном случае $\eta_{lk} = 0$; μ_{lm}^k – параметр, отражающий организационно-технологическую связность l -го программного мероприятия с образцом ВВСТ m -го типа из состава стратегического комплекса k -го типа. $\mu_{lm}^k = 1$, если программное мероприятие направлено на поддержание или развитие образца ВВСТ, в противном случае $\mu_{lm}^k = 0$; ϕ_{ln}^{km} – параметр, отражающий организационно-технологическую связность l -го программного мероприятия типа с элементом n -го типа из состава образца ВВТ m -го типа, относящегося к стратегическому комплексу k -го типа. $\phi_{ln}^{km} = 1$, если программное мероприятие направлено на поддержание или развитие элемента, в противном случае $\phi_{ln}^{km} = 0$;

то мероприятие $\Pi_{l'}$ отмечается как «основное» для образца ВВТ m' -го типа, исключается из множества Π^{CPB} и, в зависимости от его целевой направленности, распределяется на одну из пяти подгрупп:

$$\Pi_{l'} = \Pi_{k'm'1}^0 \vee \Pi_{k'm'2}^0 \vee \Pi_{k'm'3}^0 \vee \Pi_{k'm'4}^0 \vee \Pi_{k'm'5}^0. \quad (9)$$

После данной процедуры осуществляется переход к п. 5. Если $\eta_{l'k'} = 0$ или $\mu_{l'm'}^{k'} = 0$, то осуществляется переход к п. 3.

5. Из множества $V_{k'm'}^{\exists}(t_H)$ выбирается к рассмотрению тип составного элемента рассматриваемого образца ВВТ $n=n'$.

Если для рассматриваемого образца ВВТ $N - n' > 0$, то осуществляется переход к п.6, в ином случае переход к п.2.

³ Присвоение значений элементам данных матриц может производиться на основе информационного анализа ТТЗ (проектов ТТЗ) на опытно-конструкторские работы по созданию или модернизации образцов ВВТ, результатов проектно-изыскательных работ (эскизно-технического проектирования), а также документации межведомственных и государственных испытаний образцов ВВТ.

6. Из оставшегося множества Π^{CPB} выбирается к рассмотрению программное мероприятие $\Pi_{l'} = \Pi_{l''}$.

Если $L - l'' > 0$, то осуществляется переход к п.7, в ином случае переход к п.5.

7. Мероприятие $\Pi_{l''}$ проверяется на соответствие категории «обеспечивающее» для образца ВВТ m' -го типа.

Если на основе рассмотрения матриц $N_{[l,k]}$, $M_{[l,m]}^k$, $\Phi_{[l,n]}^{km}$ определяется, что $\eta_{l''k'} = \mu_{l''m'}^{k'} = \phi_{l''n'}^{k'm'} = 1$, то мероприятие $\Pi_{l''}$ отмечается как «обеспечивающее» для образца ВВТ m' -го типа, исключается из множества Π^{CPB} и включается в подмножество $\Pi_{k'm'}^B$:

$$\forall \Pi_{l''}: \eta_{l''k'} = \mu_{l''m'}^{k'} = \phi_{l''n'}^{k'm'} = 1 \Rightarrow \Pi_{l''} \in \Pi_{k'm'}^B. \quad (10)$$

По завершению данной процедуры осуществляется переход к п. 6.

На втором этапе исследований проводится прогнозирование динамики изменения состава стратегических комплексов исходя из наполнения множеств Π_{km}^O и Π_{km}^B . Данную процедуру предлагается осуществлять на основе модифицированного аналитического подхода, раскрытого в [1].

Общее аналитическое выражение, на основе которого осуществляется расчет количественного состава какого-либо стратегического комплекса на рассматриваемом программном периоде, имеет следующий вид:

$$z_{km}(t_\alpha) = z_{km}(t_{\alpha-1}) + \Delta z_{km}^+(t_\alpha) - \Delta z_{km}^-(t_\alpha), \quad (11)$$

где $\Delta z_{km}^+(t_\alpha)$ – количество образцов ВВТ m -го типа из состава стратегического комплекса k -го типа, вводимых в состав группировки в момент времени t_α ; $\Delta z_{km}^-(t_\alpha)$ – количество образцов ВВТ m -го типа из состава стратегического комплекса k -го типа, выводимых из состава группировки в момент времени t_α .

Для удобства формализованного представления выражений, раскрывающих особенности оценки значений параметров $\Delta z_{km}^+(t_\alpha)$ и $\Delta z_{km}^-(t_\alpha)$ предлагается ввести ряд логических условий, которые отражают степень удовлетворения потребностей по финансовому обеспечению реализации «основных» и «обеспечивающих» мероприятий, а также согласованности сроков их выполнения с эксплуатационно-техническими характеристиками (ЭТХ) образцов ВВТ.

Кроме того, интеграция данных условий в известные аналитические выражения [1] позволяет обеспечить учет связности выполняемых «основных» и «обеспечивающих» программных мероприятий при проведении расчетов.

В таблице 1 представлены вербальное и формализованное представление некоторых условий, которые могут использоваться при проведении расчетов.

Таблица 1 – Условия, отражающие степень удовлетворения потребностей в сроках и финансовом обеспечении реализации программных мероприятий

№ п/п	Вербальное представление условия	Формализованное представление условия	Логическая переменная
<i>Для «основных» программных мероприятий первой подгруппы</i>			
1	Фактические сроки эксплуатации образца ВВТ m -го типа из состава стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_α ниже или соответствуют гарантированным	$\Delta\tau_{km}^\Phi(t_\alpha) \leq \Delta\tau_{km}^\Gamma$	LS_{11}
2	Фактические сроки эксплуатации образца ВВТ m -го типа в момент времени t_α выше гарантированных	$\Delta\tau_{km}^\Phi(t_\alpha) > \Delta\tau_{km}^\Gamma$	\overline{LS}_{11}
3	Выделенные ассигнования на выполнение мероприятия по продлению сроков эксплуатации образца ВВТ m -го типа в t_α -м году программного периода выше или соответствуют требуемым	$\frac{c^\Phi(\Pi_{km1}^0, t_\alpha)}{c^\Gamma(\Pi_{km1}^0, t_\alpha)} \geq 1$	LS_{12}
4	Выделенные ассигнования на выполнение мероприятия по продлению сроков эксплуатации образца ВВТ m -го типа в t_α -м году программного периода ниже требуемого уровня	$\frac{c^\Phi(\Pi_{km1}^0, t_\alpha)}{c^\Gamma(\Pi_{km1}^0, t_\alpha)} < 1$	\overline{LS}_{12}
5	Фактические сроки эксплуатации образца ВВТ m -го типа в момент времени t_α ниже или соответствуют гарантированным с учетом их продления	$\Delta\tau_{km}^\Phi(t_\alpha) \leq \Delta\tau_{km}^\Gamma + \Delta\tau_{km}^{\text{Пр-Г}}$	LS_{13}
6	Фактические сроки эксплуатации образца ВВТ m -го типа в момент времени t_α выше гарантированных с учетом их продления	$\Delta\tau_{km}^\Phi(t_\alpha) > \Delta\tau_{km}^\Gamma + \Delta\tau_{km}^{\text{Пр-Г}}$	\overline{LS}_{13}
7	«Основное» программное мероприятие первой группы, связанное с образцом ВВТ m -го типа, завершается не позднее рассматриваемого временного этапа	$t_{\alpha-1} + \Delta t_{km1}^0 \leq t_\alpha$	LS_{14}
8	«Основное» программное мероприятие первой группы, связанное с образцом ВВТ m -го типа, завершается позднее рассматриваемого временного этапа	$t_{\alpha-1} + \Delta t_{km1}^0 > t_\alpha$	\overline{LS}_{14}
<i>Для «основных» программных мероприятий второй подгруппы</i>			
9	Выделенные ассигнования на производство хотя бы одного образца ВВТ m -го типа в t_α -м году программного периода выше или соответствуют требуемым	$\frac{c^\Phi(\Pi_{km2}^0, t_\alpha)}{c^\Gamma(\Pi_{km2}^0, t_\alpha)} \geq 1$	LS_{21}

№ п/п	Вербальное представление условия	Формализованное представление условия	Логическая переменная
10	Выделенные ассигнования на производство хотя бы одного образца ВВТ m -го типа в t_α -м году программного периода ниже требуемого уровня	$\frac{c^\Phi(\Pi_{km2}^0, t_\alpha)}{c^T(\Pi_{km2}^0, t_\alpha)} < 1$	\overline{LS}_{21}
11	Производство каждого образца ВВТ m -го типа завершается не позднее рассматриваемого временного этапа	$t_{\alpha-1} + \Delta t_{km2}^0 \leq t_\alpha$	LS_{22}
12	Производство одного образца ВВТ m -го типа завершается позднее рассматриваемого временного этапа	$t_{\alpha-1} + \Delta t_{km2}^0 > t_\alpha$	\overline{LS}_{22}
<i>Для «основных» программных мероприятий третьей подгруппы</i>			
13	Выделенные ассигнования на выполнение «основного» мероприятия третьей подгруппы, связанного с одним образцом ВВТ m -го типа, в t_α -м году программного периода выше или соответствуют требуемым	$\frac{c^\Phi(\Pi_{km3}^0, t_\alpha)}{c^T(\Pi_{km3}^0, t_\alpha)} \geq 1$	LS_{31}
14	Выделенные ассигнования на выполнение «основного» мероприятия третьей подгруппы, связанного с одним образцом ВВТ m -го типа, в t_α -м году программного периода ниже требуемого уровня	$\frac{c^\Phi(\Pi_{km3}^0, t_\alpha)}{c^T(\Pi_{km3}^0, t_\alpha)} < 1$	\overline{LS}_{31}
15	Время выполнения «основного» мероприятия третьей подгруппы, связанного с одним образцом ВВТ m -го типа, не превышает значения интервала дискретизации рассматриваемого временного периода	$\Delta t_{km3}^0 \leq t_\alpha - t_{\alpha-1}$	LS_{32}
16	Время выполнения «основного» мероприятия третьей подгруппы, связанного с одним образцом ВВТ m -го типа, превышает значения интервала дискретизации рассматриваемого временного периода	$\Delta t_{km3}^0 > t_\alpha - t_{\alpha-1}$	\overline{LS}_{32}
<i>Для «обеспечивающих» программных мероприятий</i>			
17	Выделенные ассигнования на выполнение всех «обеспечивающих» мероприятий, связанных с образцом ВВТ m -го типа, в t_α -м году программного периода выше или соответствуют требуемым	$\forall l \Rightarrow \frac{c^\Phi(\Pi_{kml}^B, t_\alpha)}{c^T(\Pi_{kml}^B, t_\alpha)} \geq 1$	LS_{01}
18	Выделенные ассигнования на выполнение хотя бы одного «обеспечивающего» мероприятия, связанного с образцом ВВТ m -го типа, в t_α -м году программного периода ниже требуемого уровня	$\frac{c^\Phi(\Pi_{kml}^B, t_\alpha)}{c^T(\Pi_{kml}^B, t_\alpha)} < 1$	\overline{LS}_{01}
19	Каждое «обеспечивающее» программное мероприятие, связанное с образцом ВВТ m -го типа, завершается не позднее рассматриваемого временного этапа	$\forall l \Rightarrow t_{\alpha-1} + \Delta t_{kml}^B \leq t_\alpha$	LS_{02}
20	Хотя бы одно «обеспечивающее» программное мероприятие, связанное с образцом ВВТ m -го типа, завершается позднее рассматриваемого временного этапа	$t_{\alpha-1} + \Delta t_{kml}^B > t_\alpha$	\overline{LS}_{02}

Далее представлены формализованные зависимости для прогнозирования численности образцов ВВТ при реализации мероприятий, связанных с продлением сроков эксплуатации образцов ВВТ, их производством и ремонтом.

Оценка динамики состава группировки стратегических комплексов для «основных» программных мероприятий первой подгруппы.

Ключевой особенностью мероприятий данной группы является то, что они направлены не на прирост или убыль образцов ВВТ, а на поддержание их количества на существующем уровне.

С учетом введенных условий, а также раскрытых в предыдущей статье допущений, оценка количества вводимых или выводимых образцов ВВТ m -го типа в единичный момент времени при отсутствии «обеспечивающих» мероприятий будет определяться по формулам:

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 0, \text{ если } LS_{11} \vee [\overline{LS}_{11} \wedge LS_{12} \wedge LS_{13} \wedge LS_{14}], \quad (12)$$

$$\Delta z_{km}^-(t_\alpha) = z_{km}(t_{\alpha-1}), \text{ если } \overline{LS}_{11} \wedge [\overline{LS}_{12} \vee \overline{LS}_{13} \vee \overline{LS}_{14}]. \quad (13)$$

Если «обеспечивающие» мероприятия присутствуют, то оценка проводится по формулам:

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 0, \text{ если } [LS_{11} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}] \vee [\overline{LS}_{11} \wedge LS_{12} \wedge LS_{13} \wedge LS_{14} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}], \quad (14)$$

$$\Delta z_{km}^-(t_\alpha) = z_{km}(t_{\alpha-1}), \text{ если } \overline{LS}_{11} \wedge [[\overline{LS}_{12} \vee \overline{LS}_{13} \vee \overline{LS}_{14}] \vee LS_{12} \wedge LS_{13} \wedge LS_{14} \wedge [\overline{LS}_{01} \vee \overline{LS}_{02}]]. \quad (15)$$

В целях пояснения применения представленных выражений на практике рассмотрим следующий пример.

Пусть имеется стратегический комплекс ($k=1$), состоящий из двух типов образцов ВВТ ($m=1,2$). Необходимо определить динамику его количественного состава при следующих исходных данных, представленных в таблице 2.

В интересах поддержания готовности рассматриваемого комплекса к применению при истечении сроков эксплуатации какого-либо его элемента проводится открытие и выполнение опытно-конструкторской работы (ОКР), направленной на продление сроков их эксплуатации. При этом срок эксплуатации всех образцов ВВТ первого типа продлевается на 3 года, а второго на 1 год.

В таблице 3 представлены данные по стоимостным и временным параметрам мероприятий.

В таблице 4 представлены результаты оценки динамики количественного состава стратегического комплекса при принятых исходных данных.

Таблица 2 – Исходные данные по составу и ЭТХ стратегического комплекса

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	Программный период	5 лет
2	Количество образцов ВВТ 1-го типа на начало программного периода	5 ед.
3	Количество образцов ВВТ 2-го типа на начало программного периода	10 ед.
4	Гарантированный срок эксплуатации стратегического комплекса (включая и образцы ВВТ)	10 лет
5	Фактический срок эксплуатации образца ВВТ 1-го типа на начало программного периода	7 лет
6	Фактический срок эксплуатации образца ВВТ 2-го типа на начало программного периода	9 лет

Таблица 3 – Стоимостные и временные параметры мероприятий по продлению сроков эксплуатации образцов ВВТ

№ п/п	Параметр	ОКР № 1 (образец ВВТ 1-го типа)					ОКР № 2 (образец ВВТ 2-го типа)				
		1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
1	Потребные ассигнования на выполнение мероприятия на каждом временном этапе	0	0	100 у.е.	0	0	0	105 у.е.	105 у.е.	110 у.е.	110 у.е.
2	Выделенные ассигнования на выполнение мероприятия на каждом временном этапе	0	0	100 у.е.	0	0	0	105 у.е.	105 у.е.	100 у.е.	100 у.е.
3	Время выполнения мероприятия	1 год					1 год				

Таблица 4 – Результаты оценки динамики количественного состава стратегического комплекса при выполнении мероприятий по продлению сроков эксплуатации

Тип образца ВВТ	Программный период				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
1	5	5	5	5	5
2	10	10	10	0*	0

* – т.к. не выполняется условие LS_{12} по соответствию выделенных ассигнований требуемому уровню финансирования ОКР № 2. Продление сроков эксплуатации образцов ВВТ второго типа в данный год невозможно.

Оценка динамики состава группировки стратегических комплексов для «основных» программных мероприятий второй подгруппы.

Расчет количества образцов ВВТ m -го типа в момент времени t_α при отсутствии «обеспечивающих» мероприятий, связанных с рассматриваемым образцом ВВТ, с учетом введенных условий, будет определяться по формулам:

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \left(\frac{\sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha^K} c^\Phi(\pi_{km2}^0, t_\alpha)}{c^T(\pi_{km2}^0, t_\alpha)} \right) - \sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha-1} \Delta z_{km}^+(t_\alpha), \text{ если } LS_{21} \wedge LS_{22}, \quad (16)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \left(\frac{\sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha^K} c^\Phi(\pi_{km2}^0, t_\alpha)}{c^T(\pi_{km2}^0, t_\alpha)} \right) - \sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha-1} \Delta z_{km}^+(t_\alpha) - 1, \text{ если } LS_{21} \wedge \overline{LS}_{22}, \quad (17)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = 0, \text{ если } \overline{LS}_{21}, \quad (18)$$

$$\Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 0. \quad (19)$$

Если «обязательные» мероприятия присутствуют, то оценка проводится по формулам:

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \left(\frac{\sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha^K} c^\Phi(\pi_{km2}^0, t_\alpha)}{c^T(\pi_{km2}^0, t_\alpha)} \right) - \sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha-1} \Delta z_{km}^+(t_\alpha), \text{ если } LS_{21} \wedge LS_{22} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}, \quad (20)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \left(\frac{\sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha^K} c^\Phi(\pi_{km2}^0, t_\alpha)}{c^T(\pi_{km2}^0, t_\alpha)} \right) - \sum_{t_\alpha=1}^{t_\alpha-1} \Delta z_{km}^+(t_\alpha) - 1, \text{ если } LS_{21} \wedge \overline{LS}_{22} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}, \quad (21)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = 0, \text{ если } \overline{LS}_{21} \wedge LS_{22} \wedge (\overline{LS}_{01} \vee \overline{LS}_{02}) \vee \overline{LS}_{21}. \quad (22)$$

Аналогичным образом можно осуществить оценку динамики состава группировки при несоответствии фактических и требуемых затрат на производство 2, 3 и более образцов ВВТ.

В качестве примера рассмотрим следующий случай.

Пусть имеется стратегический комплекс ($k=1$), состоящий из трех типов образцов ВВТ ($m=1,2,3$). Необходимо определить динамику его количественного состава при следующих исходных данных, представленных в таблице 5.

В интересах развертывания в предстоящем программном периоде стратегического комплекса в пункте постоянной дислокации планируется проведение ежегодных работ по серийному производству образцов ВВТ из его состава.

Кроме того, для начала производства образца ВВТ первого типа требуется завершение «обеспечивающего» мероприятия, связанного с технологической доработкой (модернизацией) существующих технических устройств, применяемых на образцах-аналогах предыдущего поколения.

В таблице 6 представлены исходные данные по стоимостным параметрам планируемых к выполнению мероприятий.

Результаты оценки динамики количественного состава стратегического комплекса по соответствующим исходным данным представлены в таблице 7.

Таблица 5 – Исходные данные по составу стратегического комплекса

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	Программный период	5 лет
2	Количество образцов ВВТ 1-го типа на начало программного периода	0 ед.
3	Количество образцов ВВТ 2-го типа на начало программного периода	1 ед.
4	Количество образцов ВВТ 3-го типа на начало программного периода	5 ед.

Таблица 6 – Стоимостные параметры мероприятий по производству образцов ВВТ

№ п/п	Программное мероприятие	Потребные ассигнования на выполнение мероприятия (для одной единицы образца ВВТ)					Выделенные ассигнования на выполнение мероприятия				
		1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
1	Производство образца ВВТ 1-го типа	8 у.е.		10 у.е.			16 у.е.		20 у.е.	40 у.е.	
2	Производство образца ВВТ 2-го типа	15 у.е.					15 у.е.		30 у.е.		45 у.е.
3	Производство образца ВВТ 3-го типа	5 у.е.		7 у.е.			10 у.е.		7 у.е.	21 у.е.	14 у.е.
4	Модернизация технических устройств	40 у.е.	30 у.е.	Работа завершена			40 у.е.	30 у.е.	Работа завершена		

Таблица 7 – Результаты оценки динамики количественного стратегического комплекса при выполнении мероприятий по серийному производству

Тип образца ВВТ	Программный период				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
1	0*	4** (+4)	6 (+2)	10 (+4)	14 (+4)
2	2 (+1)	3 (+1)	5 (+2)	7 (+2)	10 (+3)
3	7 (+2)	9 (+2)	10 (+1)	13 (+3)	15 (+2)

* – т.к. не выполняется условие LS_{02} , связанное с завершением «обеспечивающего» мероприятия не позднее рассматриваемого момента времени;

** – «обеспечивающее» мероприятие завершается и начинается производство образцов ВВТ с учетом ранее выделенных финансовых ресурсов.

Оценка динамики состава группировки стратегических комплексов для «основных» программных мероприятий третьей подгруппы.

Количество образцов ВВТ m -го типа в момент времени t_α при отсутствии связанных с ними «обеспечивающих» мероприятий будет определяться по формулам:

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha), \text{ если } LS_{31} \wedge LS_{32}, \quad (23)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 0, \text{ если } \overline{LS}_{31}, \quad (24)$$

$$\Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 1, \text{ если } LS_{31} \wedge \overline{LS}_{32}, \quad (25)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha - \Delta t_{km3}^0), \text{ если } LS_{31} \wedge \overline{LS}_{32}, \quad (26)$$

где Δt_{km3}^0 – время ремонта (модернизации) одного образца ВВТ m -го типа из состава стратегического комплекса k -го типа.

Если «обязательные» мероприятия присутствуют, то оценка проводится по формулам:

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 0, \text{ если } \overline{LS}_{31} \vee [LS_{31} \wedge LS_{32} \wedge [\overline{LS}_{01} \vee \overline{LS}_{02}]], \quad (27)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha), \text{ если } LS_{31} \wedge LS_{32} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}, \quad (28)$$

$$\Delta z_{km}^-(t_\alpha) = 1, \text{ если } LS_{31} \wedge \overline{LS}_{32} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}, \quad (29)$$

$$\Delta z_{km}^+(t_\alpha) = \Delta z_{km}^-(t_\alpha - \Delta t_{km3}^0), \text{ если } LS_{31} \wedge \overline{LS}_{32} \wedge LS_{01} \wedge LS_{02}. \quad (30)$$

Аналогичным образом можно осуществить оценку динамики состава стратегического комплекса при несоответствии фактических и требуемых затрат на ремонт (модернизацию) 2, 3 и более образцов ВВТ.

Для демонстрации работоспособности представленных выражений рассмотрим следующий пример.

Пусть стратегический комплекс ($k=1$) состоит из двух типов образцов ВВТ ($m=1,2$). Необходимо определить динамику его количественного состава при следующих исходных данных, представленных в таблице 8.

В интересах поддержания технической готовности данного комплекса в предстоящем программном периоде планируется проведение ежегодного заводского ремонта образцов ВВТ из его состава. При этом

срок проведения ремонтных работ для образца ВВТ первого типа составляет 10 месяцев, а для второго 1,5 года.

В таблице 9 представлены исходные данные по стоимостным параметрам планируемых к выполнению мероприятий.

Результаты оценки динамики количественного состава стратегического комплекса по соответствующим исходным данным представлены в таблице 10.

Таблица 8 – Исходные данные по составу стратегического комплекса

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	Программный период	5 лет
2	Количество образцов ВВТ 1-го типа на начало программного периода	15 ед.
3	Количество образцов ВВТ 2-го типа на начало программного периода	10 ед.

Таблица 9 – Стоимостные параметры мероприятий по ремонту образцов ВВТ

№ п/п	Программное мероприятие	Потребные ассигнования на выполнение мероприятия (для одной единицы образца ВВТ)					Выделенные ассигнования на выполнение мероприятия				
		1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
1	Ремонт образца ВВТ 1-го типа	5 у.е.	6 у.е.	7 у.е.	8 у.е.	9 у.е.	5 у.е.	6 у.е.	14 у.е.	16 у.е.	3 у.е.
2	Ремонт образца ВВТ 2-го типа	8 у.е.	10 у.е.	12 у.е.	14 у.е.	16 у.е.	8 у.е.	20 у.е.	12 у.е.	14 у.е.	32 у.е.

Таблица 10 – Результаты оценки динамики количественного стратегического комплекса при выполнении мероприятий по ремонту

Программный период	Общее количество образцов ВВТ 1-го типа	Количество образцов ВВТ 1-го типа, выводимых на ремонт	Количество образцов ВВТ 1-го типа, вводимых после ремонта	Общее количество образцов ВВТ 2-го типа	Количество образцов ВВТ 2-го типа, выводимых на ремонт	Количество образцов ВВТ 2-го типа, вводимых после ремонта
1 год	15	1	1*	19	1	0***
2 год	15	1	1	18	2	1
3 год	15	2	2	19	1	2
4 год	15	2	2	19	1	1
5 год	15	0**	0	18	2	1

* – т.к. выполняются условия LS_{31} и LS_{32} по финансированию и срокам выполнения ремонтных работ;

** – т.к. не выполняются условия LS_{31} по финансированию ремонтных работ;

*** – т.к. не выполняются условия LS_{32} . Срок выполнения ремонтных работ (1,5 года) превышает интервал дискретизации временного периода (1 год).

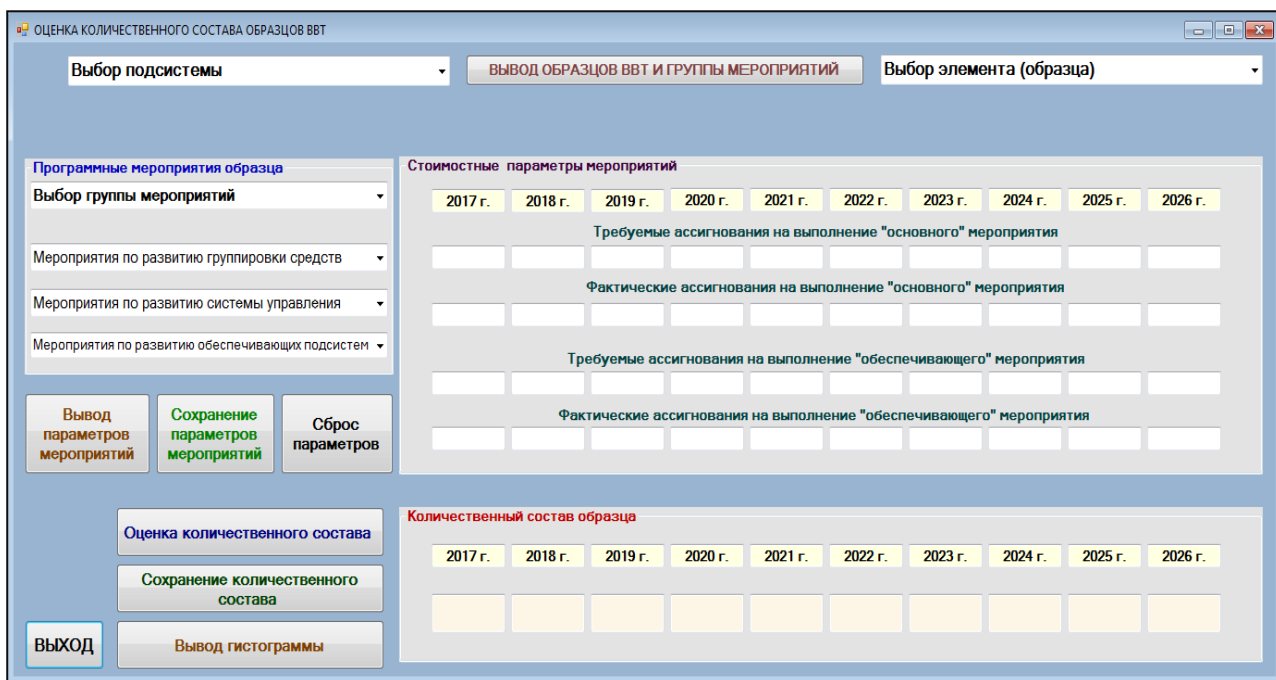


Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс модуля расчета динамики количественного состава стратегических комплексов

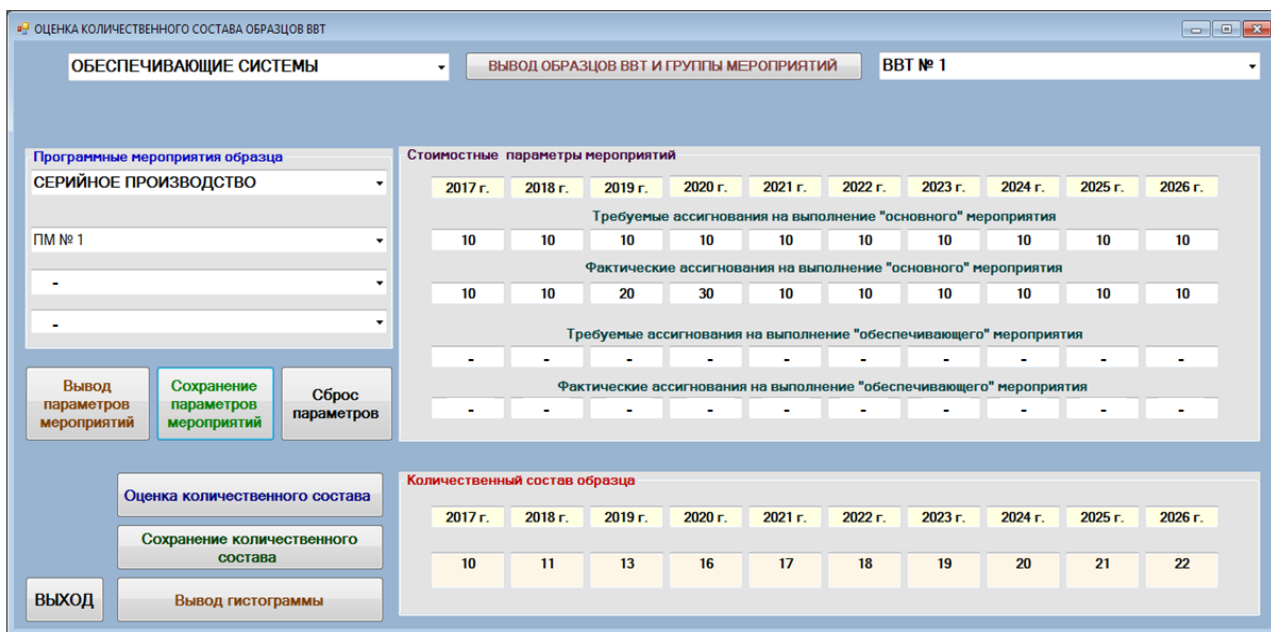


Рисунок 2 – Иллюстрация расчета численности типового образца ВВТ на гипотетических исходных данных

Представленные выражения позволяют проводить оценку численности как независимых, так и функционально (технологически) связанных образцов ВВТ.

По аналогичному подходу может быть оценена динамика численности элементов из состава образцов ВВТ при обособленном рассмотрении типового стратегического комплекса.

Следует отметить, что прогнозирование состава группировки стратегических комплексов при рассмотрении мероприятий четвертой и пятой подгрупп, направленных на разработку и создание образцов ВВТ, сопряжено со сложностью сбора и заблаговременной подготовки необходимых технико-экономических исходных данных, например, финансовых ресурсов, необходимых для создания опытных образцов ВВТ и их развертывания на объектах эксплуатации.

Как правило, такого рода информацией Государственный заказчик и научно-исследовательская организация, осуществляющая военное сопровождение программных мероприятий, располагает только после проведения эскизно-технического проектирования, в рамках которого кооперацией исполнителей проводится технико-экономическое обоснование предлагаемых к выполнению работ.

В целях повышения оперативности проведения исследований по разработанной методике и достоверности получаемых результатов, автором разработан программный модуль, позволяющий автоматизировать процедуру расчета динамики количественного состава различных сложных военно-технических систем.

Внешний вид пользовательского интерфейса данного модуля представлен на рисунках 1 и 2.

На третьем этапе исследований по разработанной методике осуществляется оценка показателей, отражающих уровни технической оснащенности группировки стратегических комплексов. Формализованными зависимостями, позволяющими определить численные значения частных и интегральных показателей ее современности, исправности и обеспеченности, с учетом многоуровневой структуры стратегических комплексов, являются следующие выражения:

$$k_C^{\text{CPB}}(t_\alpha) = \frac{\sum_{k=1}^K (x_k(t_\alpha)) * (\sum_{m_c=1}^{M_c} z_{km_c}(t_\alpha))}{\sum_{k=1}^K (x_k(t_\alpha)) * (\sum_{m=1}^M z_{km}(t_\alpha))}, \quad (31)$$

$$k_{И}^{CPB}(t_{\alpha}) = \frac{\sum_{k=1}^K (x_k(t_{\alpha})) * \left(\frac{\sum_{m=1}^M (z_{km}^{И}(t_{\alpha}) / z_{km}(t_{\alpha}))}{M} \right)}{K}, \quad (32)$$

$$k_{О}^{CPB}(t_{\alpha}) = \frac{\sum_{k=1}^K (x_k(t_{\alpha})) * \left(\frac{\sum_{m=1}^M (z_{km}(t_{\alpha}) / z_{km}^{П}(t_{\alpha}))}{M} \right)}{K}, \quad (33)$$

$$K_C^{CPB} = \frac{\sum_{t_{\alpha}=1}^{t^K} k_C^{CPB}(t_{\alpha})}{t^K}, \quad (34)$$

$$K_{И}^{CPB} = \frac{\sum_{t_{\alpha}=1}^{t^K} k_{И}^{CPB}(t_{\alpha})}{t^K}, \quad (35)$$

$$K_{О}^{CPB} = \frac{\sum_{t_{\alpha}=1}^{t^K} k_{О}^{CPB}(t_{\alpha})}{t^K}, \quad (36)$$

где m_c – тип современного образца ВВТ из состава стратегического комплекса k -го типа; M_c – количество типов современных образцов ВВТ из состава стратегического комплекса k -го типа; $z_{km}^{И}(t_{\alpha})$ – количество исправных образцов ВВТ m -го типа из состава стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_{α} ; $z_{km}^{П}(t_{\alpha})$ – штатно-табельная потребность в образцах ВВТ m -го типа для стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_{α} .

Принятие решений об отнесении какого-либо типа образца ВВТ к категории «Современный» осуществляется на основе сравнительного анализа их технических уровней с зарубежными или отечественными аналогами. Методические подходы, позволяющие осуществлять такого рода процедуры, раскрыты в работах [2-8].

Таким образом, в статье представлена методика оценки технической оснащенности группировки стратегических комплексов, которая в отличие от существующих более полно учитывает структуру стратегических комплексов, функциональные, технологические и организационные взаимосвязи между их составными частями различных уровней декомпозиции и программными мероприятиями.

Разработанная методика может рассматриваться как составная часть видового и межвидового научно-методического обеспечения исследований по обоснованию программ развития различных систем вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. М.: Машиностроение, 2010. 368 с.
2. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий 21 века. Проблемы, планирование, реализация. Тверь: Купол, 2009. 624 с.
3. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Граница, 2008. 728 с.
4. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. М.: Граница, 2005. 237 с.
5. Буравлев А.И. Метод оценки военно-технических уровней ВВТ в ходе реализации мероприятий по их закупке и ремонту // Вооружение и экономика. 2016. №4(37). С. 91-103.
6. Буравлев А.И. О связи военных расходов с боевым потенциалом вооруженных сил // Вооружение и экономика. 2019. №3(49). С. 76-93.
7. Дворкин В.З. Об уровне технического совершенства образцов вооружения и военной техники // Известия РАН. 2018. №2(102). С. 107-113.
8. Буренок В.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Образец техники: устаревший, современный или перспективный? // Вооружение и экономика. 2017. №5(42). С. 5-14.

УДК 621.311.44

Н.Е. ПЕШЕХОНОВ, кандидат
технических наук, доцент
В.В. РЫБАКОВ, кандидат
технических наук
А.Е. ВОРОНИН, кандидат
технических наук

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ КОЛЬЦЕВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Рассмотрены основные направления экономии электроэнергии в распределительных сетях систем электроснабжения рассредоточенных объектов. Определены оптимальные по экономии электроэнергии режимы работы сетей. Представлены пути увеличения их энергоэффективности. Показана возможность применения генетических алгоритмов для определения оптимальных точек разрыва.

Ключевые слова: потери электроэнергии, кольцевые линии, баланс мощностей, точка разрыва, генетические алгоритмы.

Потери энергии характерны для всех систем распределения электроэнергии главным образом благодаря потерям активной мощности в линиях и трансформаторах.

Правильное проектирование и эксплуатация электрических систем позволяют не только свести к минимуму потери энергии, но и обеспечивают снижение затрат на электроэнергию. Потеря мощности – один из важнейших экономических и технических показателей функционирования систем электроснабжения (СЭС). Их величина отражает техническое состояние и уровень эксплуатации всех элементов СЭС, состояние систем учета и метрологическое обеспечение парка измерительных приборов. В международной практике принято считать, что общие потери мощности при ее передаче и распределении удовлетворительны, если они не превышают 4-5%. Потери мощности на уровне 10% оценивают, как максимально допустимые с точки зрения физических процессов передачи электроэнергии по сетям.

Мероприятия по снижению электрических потерь можно разделить на две группы: технические и организационные. Организационные мероприятия дополнительных материальных средств и трудозатрат не требуют. Технические мероприятия, такие как применение установок для компенсации реактивной мощности, замена загруженных трансформаторов и т.д., требуют дополнительных средств.

Достаточно часто в результате длительной эксплуатации систем электроснабжения изменяются как условия эксплуатации, так и технические характеристики элементов СЭС, что приводит к снижению качества их функционирования, увеличению потерь электроэнергии. Данные проблемы могут быть решены проведением модернизации СЭС с изменением структуры электросетей, заменой элементов и узлов оборудования на современные.

Пути повышения энергоэффективности

Очевидно, что функционирование систем электроснабжения имеет свою специфику, поэтому при акцентировании усилий на энергосбережение необходимо это учитывать. В этой связи рассмотрим более детально снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях 10 (6) кВ.

Снижение потерь электроэнергии при ее передаче и распределении является актуальной задачей организаций и одним из основных направлений энергосбережения [1]. Основным условием работы электрической сети с минимальными потерями является ее рациональное построение. При этом особое внимание должно быть уделено правильному определению точек деления в замкнутых сетях, экономичному распределению активных и реактивных мощностей, внедрению замкнутых и полузамкнутых схем сетей.

Потери энергии в рационально построенных и нормально эксплуатируемых сетях не должны превышать обоснованного технологического расхода энергии при ее передаче и распределении. Мероприятия по снижению потерь энергии должны проводиться в сетях, где есть те или иные отклонения от рационального построения и оптимального режима эксплуатации [2].

Применение современных математических методов расчета позволяет минимизировать технологические расходы электроэнергии и довести их до технически обоснованных величин. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях может быть достигнуто как в результате проведения мероприятий по общей оптимизации сети, когда снижение потерь энергии является одной из составляющих частей комплексного плана, так и в результате проведения мероприятий, направленных только на снижение потерь.

К организационным мероприятиям могут относиться:

- определение (выбор) точек оптимального деления сети 10 (6) кВ;
- уменьшение времени нахождения линии в отключенном положении при выполнении технического обслуживания и ремонта оборудования и линий;
- снижение несимметрии (неравномерности) загрузки фаз;
- рациональная загрузка силовых трансформаторов.

В данной статье мероприятия, связанные с экономией электроэнергии в силовых трансформаторах, рассматриваться не будут. Более подробно остановимся только на определении точек оптимального деления сети (точек разрыва).

Определение оптимальных точек разрыва (точек с минимально возможными потерями электроэнергии) в замкнутых сетях производится на основе анализа результатов электрического расчета сети. В настоящее время электрические сети 10 (6) кВ, как правило, эксплуатируются по разомкнутым схемам с возможностью взаимного резервирования. В этих условиях основным средством оптимизации режима эксплуатации сетей, обеспечивающим надежность электроснабжения и минимальные потери мощности и энергии электрических сетей без дополнительных капиталовложений, является правильный выбор точек разрыва, под которыми понимают места размыкания сети. Их положение обуславливает конфигурацию электрических сетей и должно обеспечивать токораспределение, максимально приближающееся к экономичному. В большинстве случаев на практике положение мест размыкания определяется эмпирически, на основе личного опыта и интуиции обслуживающего персонала так, чтобы они обеспечивали необходимые условия эксплуатации и возможность скорейшего восстановления электроснабжения при аварии.

Известно, что большая часть потерь активной мощности приходится на распределительные сети 0,4...10 кВ. Потери активной мощности в линиях электропередачи (ЛЭП) [3]

$$\Delta P_{л} = 3 \cdot I_{л}^2 \cdot R_{л}, \quad (1)$$

где $I_{л}$ – ток в линии; $R_{л}$ – сопротивление одной фазы линии.

Ток в линии и ее сопротивление можно определить с использованием выражений:

$$I_{л} = P_{л} / (\sqrt{3} \cdot U_{л.ном} \cdot \cos \varphi), \quad (2)$$

$$R_{л} = \rho \cdot l_{л} / F_{л}, \quad (3)$$

где $P_{л}$ – активная мощность нагрузки, передаваемая по линии, кВт; $U_{л.ном}$ – номинальное напряжение сети, кВ; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; ρ – удельное электрическое сопротивление токопроводящего материала, ом*мм²/м; $l_{л}$ – длина линии, м; $F_{л}$ – сечение линии, мм².

С учетом вышеизложенного, потери мощности в линиях будут определяться по выражению:

$$\Delta P_{л} = \frac{\rho \cdot l_{л} \cdot P_{л}^2}{(U_{л.ном}^2 \cdot F_{л} \cdot \cos^2 \varphi)}. \quad (4)$$

Как известно, из-за сложностей построения релейной защиты кольцевую схемы принято «разрывать» в одном месте. От места разрыва кольцевой схемы зависят потери в линиях. При сравнительно небольшом количестве возможных точек разрыва используют метод прямого перебора, при этом использование сравнительно простых программ в среде Excel значительно облегчает этот процесс.

В сложных сетях (рисунок 1), когда количество разрывов должно быть несколько, этот метод не всегда работает, так как требует большого количества вычислений или применения специальных методов. При этом необходимо также учитывать ограничения по пропускной способности линий и по допустимой потере напряжения.

Определение оптимальных точек разрыва

Необходимо уточнить понятие «точка разрыва». Точкой разрыва будем считать разомкнутый коммутационный аппарат отходящей от трансформаторной подстанции (ТП) линии электропередачи. ЛЭП при

этом находится под напряжением, так как только один из коммутационных аппаратов на одной из ТП разомкнут. Передача мощности по линии не осуществляется.

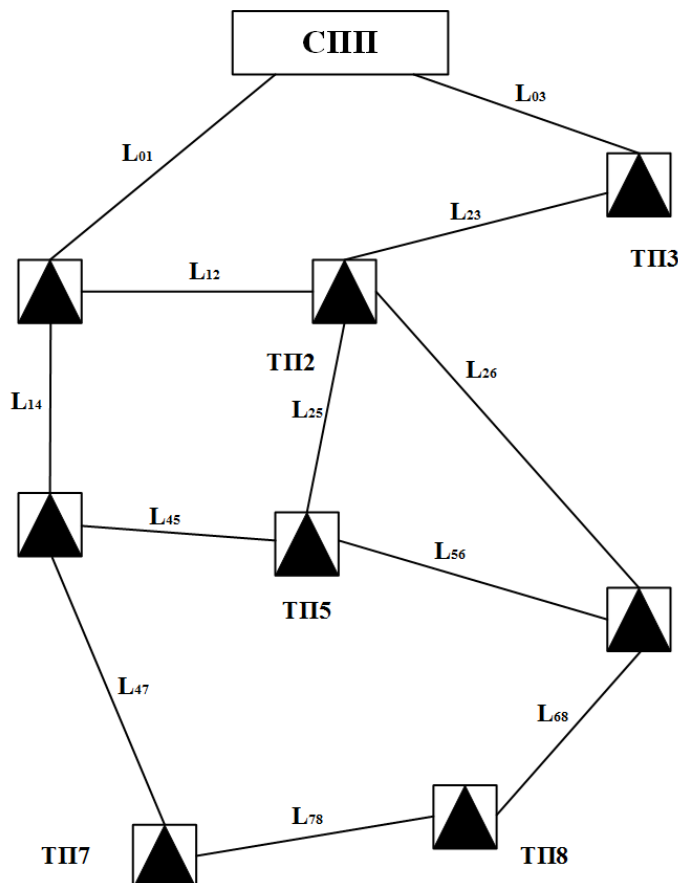


Рисунок 1 – Блок-схема кольцевой системы электроснабжения

На представленной блок-схеме (рисунок 1) возможная комбинация вариантов точек разрыва и соответственно количество вариантов подключения ТП к сетевой понижительной подстанции (СПП) значительное, поэтому решить эту задачу представляется возможным с использованием генетических алгоритмов. Как известно, основная сложность применения генетических алгоритмов состоит в формализации задачи и приведения ее к необходимому виду.

В генетических алгоритмах необходимо определить и формализовать следующие понятия: функция жизнеспособности, популяция, особь, которая в свою очередь характеризуется геном [4]. Также все промежуточные варианты построения структуры должны проверяться по пропускной способности линий, по потерям напряжения до тупиковой

ТП, по отсутствию ТП, получающей питание с двух источников. Необходимо также проверка оптимального варианта на предмет выполнения требований по надежности электроснабжения. В данном случае будем считать это ограничением и рассматривать только варианты, которые выполняют соответствующие требования.

На рисунке 1 помечены длины соответствующих линий, которые соединяют ТП. Для потоков мощности примем такие же обозначения: P_{12} – мощность, передаваемая по линии 12 от ТП1 к ТП2; P_1 – мощность, потребляемая ТП1. Мощность ТП, длины линий и их сечение являются исходными данными, так как точки разрыва определяются для существующей структуры СЭС. Отметим, что в одной и той же линии в различных вариантах поток мощности может иметь разные величины и направления. Примем условно поток мощности со знаком плюс, если он направлен от ТП с меньшим номером к ТП с большим номером, со знаком минус, если наоборот. При наличии точки разрыва мощность по линии не передается и соответственно мощность равна нулю.

Таким образом, за отдельный ген примем линию электропередачи, состояние которой будет характеризоваться режимами работы 1, -1, 0 («1» – передача мощности от ТП с меньшим номером к ТП с большим номером, «-1» – передача мощности от ТП с большим номером к ТП с меньшим номером, «0» – линия на холостом ходу). При этом величину передаваемой мощности необходимо определять для каждой линии в ходе рассмотрения отдельного варианта при определении функции жизнеспособности. Очевидно, что любой вариант функционирования структуры СЭС можно охарактеризовать режимами линий электропередачи. Пример описания представленной на рисунке 1 структуры СЭС показан в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы работы линий электропередачи

№ ЛЭП	01	03	12	23	14	25	26	45	56	47	78	68
Состояние	1	1	0	1	1	0	1	0	-1	1	0	1

Данный вариант удовлетворяет требованию одностороннего питания для всех ТП. Он характеризуется набором состояний ЛЭП (генами). Представленная таблица позволяет от отдельного гена перейти к особи – варианту функционирования СЭС с заданными выше ограничениями к структуре (жизнеспособная особь), если ограничения не выполняются,

то особь не жизнеспособная и должна исключаться из дальнейшего рассмотрения. Вариантов, которые имеют различные точки разрыва для представленной схемы, может быть достаточно большое количество. Суммарные потери электроэнергии в линиях с учетом выражения для потерь мощности в отдельной линии (4) определяются по выражению:

$$\Delta W_{\text{лЭП}}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot \tau_i, \quad (5)$$

где ΔP_i – потери мощности в i -й линии; τ_i – время потерь для i -й линии.

Задача состоит в том, чтобы определить вариант с наименьшими суммарными потерями электроэнергии в линиях электропередачи.

Выражение (5) называется функцией жизнеспособности отдельной особи. Вычисление этой функции позволяет характеризовать рассматриваемый вариант (особь) и сравнивать его с другими вариантами (особями).

Анализируемое множество вариантов (их количество задается при формировании начального множества) называется популяцией. Рассматриваемую популяцию можно характеризовать матрицей, которая определяет характеристику каждой особи (строка матрицы):

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Последовательность применения генетического алгоритма заключается в том, что после формирования исходной популяции определяют значение функции жизнеспособности каждой особи и особи, которые имеют низкое значение функции жизнеспособности, исключаются из дальнейшего рассмотрения, после этого формируется новая популяция. Новые особи могут получаться из существующих путем скрещивания, случайными мутациями и т.п. После проверки вновь полученных особей на жизнеспособность (выполнение ограничений) формируется новая популяция и вычисляются значения функции жизнеспособности, затем процесс повторяется. Условием окончания процесса принима-

ются разность значений целевой функции на предыдущем и последующем этапах или количество поколений, которое задается на этапе формирования исходных данных [5].

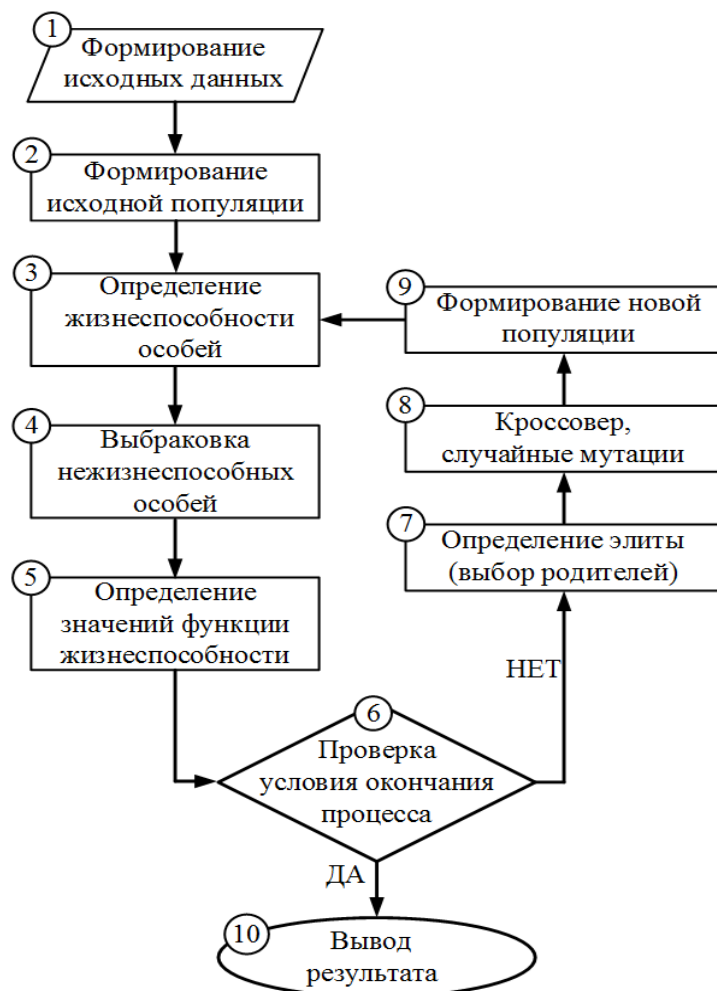


Рисунок 2 – Алгоритм определения точек разрыва

В общем случае алгоритм решения задачи определения оптимальных точек разрыва с использованием генетических алгоритмов представлен на рисунке 2. Необходимо уточнить, что блок №2 может быть реализован различными способами. Самый очевидный, но не самый простой, это в результате анализа схемы СЭС (рисунок 1) сформировать несколько вариантов точек разрыва и в дальнейшем использовать их в качестве исходной популяции. Такой способ достаточно затратный с точки зрения временных ресурсов, так как для исходной популяции требуется несколько десятков особей. Другой подход, как пра-

вило, применяется при составлении программного обеспечения и заключается в генерировании произвольных точек разрыва (особей), которые затем проверяются на выполнение ограничений (на жизнеспособность) и в дальнейшем используются для исходной популяции только жизнеспособные особи.

Одной из особенностей генетического алгоритма является то, что наилучшее значение функции жизнеспособности не потеряется в результате перехода к следующей популяции, так как на каждом этапе смены популяций используется «элита» плюс вновь полученные особи.

В качестве решения задачи имеется возможность получить несколько вариантов, а лицо, принимающее решение, будет выбирать из них, используя дополнительные критерии.

Предложенный подход к определению точек разрыва в сложно замкнутых сетях позволяет найти такой режим работы линий электропередачи между трансформаторными подстанциями, при котором потери электроэнергии в линиях будут минимальны. При изменении режимов работы трансформаторных подстанций (графиков нагрузок) предложенная методика позволяет определить новые оптимальные (с точки зрения минимума потерь электроэнергии) точки разрыва. Представленный алгоритм может быть реализован в среде MatLAB с использованием встроенных функций, реализующих генетические алгоритмы.

Список использованных источников

1. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 274 с.
2. Лыкин А.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях. Новосибирск: НГТУ, 2013. 115 с.
3. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. М.: НЦЭНАС, 2002. 208 с.
4. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 320 с.
5. Батищев Д.И., Неймарк Е.А., Старостин Н.В. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации. Нижний Новгород: НГУ, 2007. 85 с.

УДК 358.112

А.М. КОЗУБСКИЙ, кандидат
технических наук
Н.А. ЮРЧЕНКО
В.А. ФОМИН

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 60-ММ МИНОМЕТОВ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Представлен обзор вопроса разработки отечественных 60-мм миномётов, а также концепция их применения в целях повышения мобильности и боеспособности Вооружённых Сил Российской Федерации.

Ключевые слова: миномет; мина; применение; армия; разработка; калибр; вооружение; мобильность; боеприпасы; конструкция.

Применение миномётных комплексов не теряет своей актуальности в Вооружённых Силах Российской Федерации (ВС РФ) с момента принятия первых миномётов на вооружение армии страны. За все годы общие принципы проектирования миномётов не претерпели каких-либо радикальных изменений, однако попытки снизить вес основных узлов, увеличить максимальную дальность и могущество боеприпасов продолжают ставить новые задачи перед инженерами и в настоящее время.

В современных условиях войны приобрели, в большей степени, локальный характер, армии многих государств осуществляют (либо уже осуществили) переход на контрактную основу, а уровни бюджетных ассигнований на оборону стран значительно выросли в связи с появлением высокотехнологичных видов вооружений. За последнее десятилетие практически во всём мире прослеживается тенденция к возрастанию значимости технически оснащённых мобильных боевых групп на поле боя, показавших высокую эффективность в условиях современных военных конфликтов.

Так, автор [1] отмечает необходимость в усилении элементов боевого порядка при ведении специальных или боевых действий в интересах обеспечения пограничной безопасности и обосновывает включение минометных подразделений огневой поддержки в состав огневой

группы и резервного подразделения. Это подтверждает, что в сложившихся условиях улучшение индивидуального оснащения бойца и создание лёгких, но в то же время эффективных средств усиления, являются логичным шагом по повышению общей боеспособности армий.

На данный момент в номенклатуре вооружений ВС РФ уже существует достаточно большое количество средств усиления различного назначения:

- подствольные и автоматические гранатомёты, предназначенные для поражения живой силы противника, находящейся в зданиях и лёгких укрытиях, а также ручные гранаты;

- реактивные гранатомёты (огнемёты), предназначенные для борьбы с бронетехникой, а также нанесения урона живой силе противника, находящейся в укрытии;

- переносные зенитно-ракетные комплексы (ПЗРК), предназначенные для борьбы с низколетящими воздушными целями на встречных и догонных курсах.

Отмечается отсутствие переносных средств усиления, способных поразить наземную цель с закрытой позиции как на близких дистанциях (до 100 м), так и на расстоянии свыше 1,5 км, и эффективно подавлять широкий диапазон объектов (целей). Такими объектами (целями) могут быть [1]:

- а) командные (наблюдательные) пункты, узлы связи и отдельные радиоизлучающие средства незаконных вооруженных формирований (НВФ) и диверсионно-разведывательных групп (ДРГ);

- б) базы и пункты подготовки НВФ;

- в) источники материально-технического обеспечения: склады оружия и боеприпасов, любой вид транспорта военная техника, склады (базы) продовольствия и иных материальных средств;

- г) группы боевиков: в пешем порядке, передвигающиеся на транспортных средствах или на боевой технике, на позициях и в районах сосредоточения;

- д) огневые и зенитные средства НВФ на позициях;

- е) стартовые позиции комплексов беспилотных летательных аппаратов (БЛА);

- ж) отдельные цели: блиндажи, схроны, небольшие жилые и нежилые постройки, вышки, водонапорные башни, используемые для ведения огня снайперами НВФ (ДРГ), вертолеты на посадочных площадках,

элементы аэродромного оборудования, легкобронированные и небронированные цели типа бронетранспортеров, зенитная самоходная установка, наземные радиолокационные станции и т.п.

Из перечисленных средств усиления отдельные типы гранатомётов могли бы удовлетворять требованиям по поражению описанных объектов (целей), однако данный тип вооружения не обладает соответствующей прицельной дальностью и боевым могуществом, поэтому для выполнения рассматриваемых боевых задач необходимо применение более эффективных средств поражения, отличающихся повышенной мобильностью и эргономикой.

Выбор легких минометов как средств усиления мобильных боевых групп обоснован в связи со значительным превосходством их тактико-технических характеристик относительно прочих средств усиления. Использование минометов зачастую облегчает выполнение специальных задач. Разведчикам для нанесения поражения объекту, если цель налета заключается только в этом, нет необходимости проникать на хорошо охраняемый объект [1]. Минометное вооружение позволяет избегать прямого контакта с противником и, одновременно с этим, наносить гораздо более значимый урон инфраструктуре атакуемого объекта, чем при непосредственном штурме с применением привычных средств усиления. Достаточно отметить, что результативность разрыва одной осколочной 82-мм мины равняется боевой работе пяти-шести ручных гранат Ф-1 [1].

Носимый минометный комплекс необходимо разрабатывать в соответствии с современными тенденциями в вопросе совершенствования индивидуальной экипировки для повышения эффективности их взаимодействия. Известно, что в настоящее время особое значение имеют образцы экипировки, которые интегрируют в себе все элементы, необходимые для выживания солдата в бою и обеспечения максимально эффективных его действий: средства ближнего боя, защиты, связи, управления, энерго- и жизнеобеспечения. Причём каждый из перечисленных элементов частично выполняет функции других, что и составляет суть интегрирования экипировки. За счёт этого удалось существенно уменьшить её вес, а применение новых технологий и современных технических решений обеспечило существенное повышение эффективности действий солдата (бойца) в ходе боя [2]. Интеграция в экипировку в рассматриваемом случае подразумевает разработку эргономичных

средств переноски минометного комплекса, не затрудняющих эксплуатацию существующего комплекта боевого снаряжения (КБС).

Автор [3] отмечает возрастающую важность внедрения искусственного интеллекта в системы вооружения, а именно их автономизации (роботизации), что может положительно сказаться на эффективности всех типов вооружения, в том числе и мобильных средств усиления. Применительно к носимому минометному комплексу, положительный результат может обеспечить разработка современных интеллектуальных средств прицеливания, значительно сокращающих время, необходимое для производства выстрела.

Возможность ведения огня без предварительной подготовки позиции (оперативно-тактическая схема применения) позволяет применять носимый минометный комплекс для подавления различных объектов (целей) непосредственно во время боя, что может быть обеспечено при помощи автоматизированного прицельного комплекса, позволяющего вести огонь по наблюдаемым целям. Применительно к минометному вооружению, в настоящее время возможна разработка автоматизированного прицельного комплекса, оснащенного баллистическим вычислителем и дальномером, имеющим при этом сравнительно малый вес, обеспечиваемый применением современной электронной базы. В оборонно-промышленном комплексе (ОПК) Российской Федерации на данный момент уже существует достаточный научно-технический задел в области разработки телевизионных прицелов для стрелкового оружия, оснащенных автоматическим дальномером и баллистическим вычислителем. Примером может являться научная работа [4], в которой ставилась задача по разработке автоматизированного прицела-дальномера, обеспечивающего точное измерение дальности до цели, решение баллистической задачи (расчет угла прицеливания с учетом дальности, типа боеприпаса, температуры, атмосферного давления и скорости ветра) и автоматического отображения прицельного знака с учетом рассчитанного угла прицеливания. Очевидно, что применение наработок в области малогабаритных автоматизированных прицельных комплексов для стрелкового оружия также возможно адаптировать для применения и в облегченном минометном вооружении.

Вопрос определения минимальной и максимальной дальности ведения огня при проектировании легких минометов является одним из

ключевых в обосновании концепции их боевого применения. Так, минимальная дальность в 100 м обусловлена возможной необходимостью ведения обороны в условиях непосредственного боевого столкновения и возникновения необходимости ведения огня с неподготовленной позиции. Примером может служить столкновение с противником в условиях городской застройки, где возможно обеспечить укрытие расчёта за сооружениями и конструкциями, что обеспечит его защиту от осколочного поражения при удалении от цели на расстоянии 100-200 м.

При решении вопроса о максимальной дальности стрельбы необходимо проведение исследовательских работ, нацеленных на определение оптимальных параметров миномета и боеприпасов, обеспечивающих максимально возможную дальность стрельбы при удовлетворительных значениях кучности. Для увеличения дистанции между огневой позицией и целью целесообразно рассматривать максимальную дальность стрельбы, не уступающую аналогичным отечественным системам калибра 82 мм.

Опираясь на опыт зарубежных стран, следует обратить внимание, что достаточно перспективными в тактическом плане на данный момент являются носимые минометные комплексы калибра 60 мм. Учитывая небольшой вес, становится возможным отнести 60-мм миномёты в класс средств усиления мобильных боевых групп, что существенно повышает их тактические возможности на поле боя и позволяет выполнять огневые задачи даже в тылу противника. В настоящее время оборонные предприятия зарубежных государств активно развивают данную концепцию, в том числе с интеграцией облегчённых миномётов как средств усиления в состав высокомобильных пехотных и десантных подразделений.

Одним из наиболее известных миномётов специального назначения калибра 60 мм является миномётный комплекс M224 LWCMS (Light Weight Company Mortar System – с англ. Лёгкий Ротный Миномётный Комплекс), стоящий на вооружении армии США с 1978 года и широко применявшийся в ходе боевых действий в Афганистане и Ираке. Его главная особенность – повышенная мобильность, которая достигается незначительными габаритами в положении для транспортирования, возможностью ведения огня «с рук» (без установки двуноги-лафета), а также калибром 60 мм. На текущий момент ряд зарубежных государств

уже представил новейшие варианты 60-мм облегчённых миномётов, отвечающих общим принципам рассматриваемой концепции. Их известные тактико-технические характеристики (по информации из открытых источников) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики современных 60-мм миномётных комплексов

№	Название	Страна	Длина ствола (мм)	Вес (кг)	Прицельная дальность (м)
1	M224A1 LWCMS	США	1020	Стандартная версия: 21,2 Облегченная версия: 8,2	Станд. версия: 70-3490 Обл. версия: 70-1340
2	RSG60	Германия	700	Пехотный вариант: 15,8 Десантный вариант: 6,8	Пехотный вариант: 3200 Десантный вариант: 2000
3	M60-16 «Камертон»	Украина	700 1200	Пехотный вариант: 20 Десантный вариант: 8	Пехотный вариант: 90-5500 Десантный вариант: 90-1740
4	ANTOS	Чехия	905	Миномет: 5,3 В комплекте: 19	1200

На основании таблицы 1 можно отметить, что большинство 60-мм миномётных комплексов, применяемых в зарубежных армиях, включают в себя как варианты для подразделений пехоты, так и облегченные версии для десантных подразделений. В миномётах США и Германии это достигается применением облегченной опорной плиты, а в миномёте украинского производства применяется вариант с укороченным стволом без двуноги-лафета.

Вариант миномёта для десантных подразделений в ряде случаев позволяет сократить расчёт до 2 человек, что в свою очередь может существенно расширить тактические возможности боевого подразделения. Миномёты в стандартной модификации для пехотных подразделений демонстрируют дальность стрельбы, сравнимую с отечественными миномётами калибра 82 мм, таких как 2Б9 и 2Б14 (максимальная дальность 4270 м и 3922 м соответственно). Приведённые в таблице 1 миномётные комплексы были разработаны с учётом применения современных материалов и технологий, однако, за исключением современного варианта M224A1, стоящего на вооружении армии США на текущий момент, находятся в стадии доработки и опытной эксплуатации. Необходимо отметить отсутствие в открытой печати детальной (и в то же время достоверной) информации по характеристикам кучности зарубежных миномётных комплексов, разрабатываемым боеприпасам и результатам испытаний экспериментальных образцов.

Отечественным образцом легкого минометного комплекса специального назначения является разработанный АО «ЦНИИ «Буревестник» 82-мм миномет 2Б25 «Галл», обладающий возможностью бесшумной стрельбы осколочным выстрелом ЗВО35. По мнению автора [1], организационно 82-мм минометные комплексы могут находиться на вооружении подразделений огневой поддержки, предназначенных для выполнения разведывательных и специальных задач. Миномет 2Б25 способен поразить живую силу в средствах индивидуальной бронезащиты, расположенную открыто и в неперекрытых укрытиях полевого типа. Рассматривая минометный комплекс 2Б25 «Галл», следует обратить внимание на два существенных недостатка:

максимальная прицельная дальность стрельбы ограничена 1200 м; минометный боеприпас является уникальным, при этом миномет не имеет возможности ведения огня минами соответствующего калибра, предназначенными для прочих минометных комплексов, стоящих на вооружении ВС РФ.

Тем не менее, 2Б25 является высокоэффективным для выполнения задач, требующих беспламенной и бесшумной стрельбы, но в то же время не требующих обеспечения возможности пополнения боекомплекта во время их выполнения, а также ведения огня на прицельной дальности свыше 1200 м.

В номенклатуре миномётных боеприпасов ВС РФ калибр 82 мм, на текущий момент, является наименьшим и не подходит для полноценного применения в облегченных миномётных комплексах. На рисунке 1, как пример, представлен состав расчёта 82-мм миномётного комплекса 2Б14-1, для транспортировки которого необходимо 5 человек, между которыми распределяются основные части при помощи штатных средств переноски.

Весовые характеристики и количество отдельных составных частей существующих 82-мм миномётных комплексов (за исключением 2Б25 «Галл») не позволяют обеспечить их транспортировку ограниченным числом личного состава, чем сдерживают реализацию концепции отечественных облегчённых миномётов. В связи с этим, необходимо уделить особое внимание развитию отечественных минометных комплексов в калибре 60 мм.

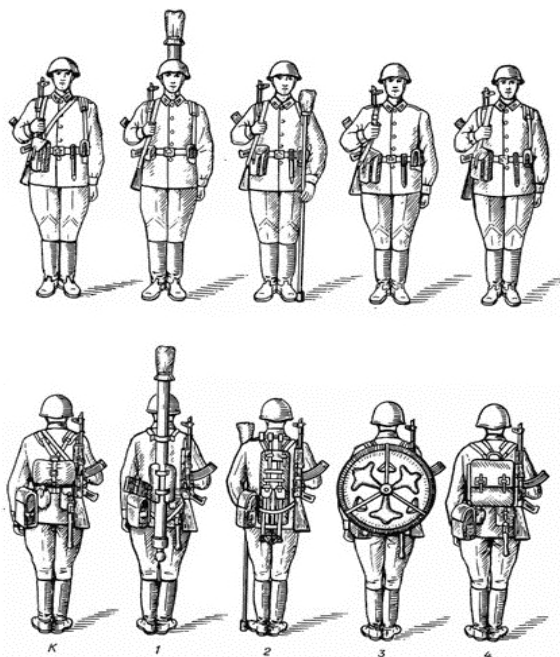


Рисунок 1 – Расчёт 82-мм миномёта 2Б14-1

Ключевыми особенностями 60-мм мин являются оптимальные весовые характеристики, а также высокая распространённость в армиях иностранных государств, что в том числе может обеспечить высокую заинтересованность иностранных заказчиков в образцах вооружения, разработанных на предприятиях ОПК Российской Федерации. Очевидно, что возникает вопрос о разработке отечественных вариантов мин калибра 60-мм, а их постановка на вооружение повлечёт за собой внесение изменений в номенклатуру уже существующих миномётных боеприпасов. Однако принятие на вооружение указанных боеприпасов и миномётных комплексов не создаёт необходимость пересмотра вооружения общевойсковых подразделений ВС РФ. В рамках опытной эксплуатации возможным и логичным является оснащение данным типом вооружения специальных подразделений Воздушно-десантных войск (ВДВ) и Морской пехоты.

Научно-технический эффект от разработки отечественного 60-мм миномётного комплекса и выстрела для него может иметь высокое значение для дальнейшего развития миномётного вооружения. Так, в процессе разработки миномётного комплекса возможно применить на практике некоторые нововведения, не имеющие на данный момент детальной практической проработки:

- разработка электронной системы управления огнем по оперативно-тактической схеме, предназначенной для ведения огня по наблюдаемым целям;

- введение в конструкцию мины пластического (разжимного) obtюратора, обеспечивающего повышение баллистических характеристик и исключающего прорыв пороховых газов в гарантированный зазор между внутренней поверхностью канала ствола и оживальной части мины¹;

- исследование возможности практического применения эффекта Коанда для стабилизации мины в канале ствола и улучшения показателей кучности боя миномёта [5];

- проработка новой конструкции предохранителя от двойного заряжания (ПДЗ) с применением современных материалов, способного функционировать при ведении огня перспективными боеприпасами с повышенной obtюрацией пороховых газов [6], а также с минимальным влиянием на внешнебаллистические характеристики миномёта.

Применение современных облегчённых материалов в конструкции миномёта также потребует подтверждения правильности их выбора для конкретных узлов, разработки новых методик испытаний и дополнительного испытательного оборудования, что благоприятно скажется на отечественном научно-техническом заделе в области миномётного вооружения.

Реализовать в полном объёме концепцию отечественного 60-мм миномётного комплекса позволит грамотное военно-техническое планирование, его основным критерием является обеспечение заданного уровня боевой эффективности

$$\mathcal{E} \geq \mathcal{E}_{кр} \quad (1)$$

при ограничении суммарной массы M комплекса и его стоимости \mathcal{C} :

$$M \geq M_{кр}, \mathcal{C} \geq \mathcal{C}_{кр}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{кр}$, $M_{кр}$, $\mathcal{C}_{кр}$ – критические (предельно допустимые) значения приведенных показателей².

¹ Способ стрельбы миной и комплекс миномётного вооружения, реализующий его: патент №2475689 Российская Федерация, МПК F41F 1/06 / Захаров В.Л., Сабинин С.В., Лопатин К.К., Данников В.Н., Нагорный М.В.: №2011137043/11; заявл. 07 сентября 2011 г.; опублик. 20 февраля 2013 г., Бюл. №5. 10 с.

² Ладов С.В. Боеприпасы и взрыватели. Введение в специальность: учебное пособие / С.В. Ладов, Д.П. Левин. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 78 с.

Обеспечение заданного уровня боевой эффективности в данном случае является приоритетным критерием в связи с необходимостью создания конкурентоспособного образца вооружения. Суммарная масса M комплекса и его стоимость C не должны превышать критического значения $M_{кр}$ и $C_{кр}$ соответственно, также для обеспечения конкурентоспособности образца по массовым и ценовым характеристикам. Окончательный набор характеристик и требований к разрабатываемому образцу должен быть уточнён во время разработки технического задания с непосредственной проработкой совместно с возможными эксплуатантами данного типа вооружения.

Предполагаемый структурный состав отечественного 60-мм минометного комплекса показан на рисунке 2.

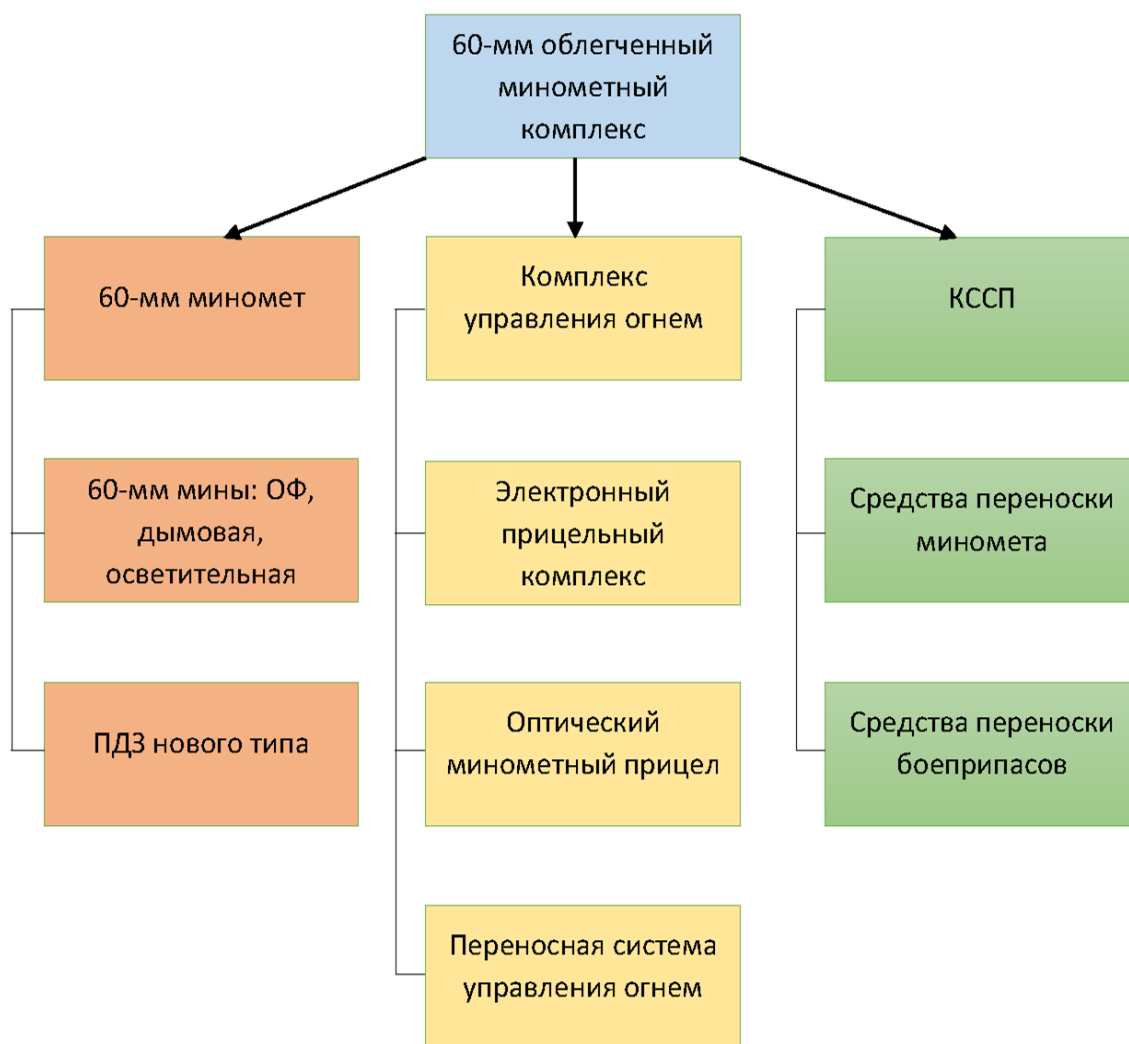


Рисунок 2 – Структурная схема 60-мм минометного комплекса

Вариант отечественного легкого минометного комплекса калибра 60 мм представляется совместно с разрабатываемыми для него отечественными вариантами боеприпасов: осколочно-фугасный, дымовой и осветительный. Также в состав миномета входит ПДЗ, работоспособный при ведении огня любым типом мин калибра 60 мм, в том числе перспективных, с повышенной обтюрацией пороховых газов.

Комплекс управления огнем состоит из электронного прицельного комплекса, устанавливаемого непосредственно на сам миномет, оптического прицела (возможный вариант – прицел МПМ-44М) и переносной системы управления огнем, которой предполагается оснастить командира минометного расчета.

Комплект специальных средств переноски состоит из средств переноски миномета (ствола, опорной плиты и двуноги-лафета) и средств переноски боеприпасов. Оба элемента предполагается выполнить в виде ранцев, не затрудняющих ношение и совместимых с современными КБС (например, КБС 6Б52 «Ратник», принятый на вооружение в ВС РФ).

Из рассмотренной концепции следует вывод, что разработка отечественного варианта 60-мм минометного комплекса и боеприпасов к нему оправдана как в целях повышения тактических возможностей специальных подразделений ВДВ и морской пехоты, так и в целях укрепления научно-технического задела Российской Федерации в области минометного вооружения. Для достижения поставленных целей очевидна необходимость всесторонней поддержки научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по данной теме, особенно в области инициативных проектов отечественных предприятий ОПК. Учитывая актуальность разработки отечественных носимых минометных комплексов, в ЗАО «СКБ» (ПАО «Мотовилихинские заводы»), г. Пермь, было принято решение об открытии инициативной научно-исследовательской работы по данной тематике.

Список использованных источников

1. Васильченко С.В. Анализ задач, выполняемых минометными подразделениями огневой поддержки при проведении специальных и боевых действий в интересах обеспечения пограничной безопасности в современных условиях // Военное обозрение. 2018. №1(3). С. 24-28.
2. Буренок В.М. Определение облика перспективной экипировки солдата // Вооружение и экономика. 2019. №4(50). С. 6-10.
3. Буренок В.М. Новая парадигма силового противостояния государств на основе применения искусственного интеллекта // Вооружение и экономика. 2020. №2(52). С. 4-8.
4. Голицын А.А. Телевизионный прицел для стрелкового оружия с автоматическим измерителем дальности и баллистическим вычислителем // Гео-Сибирь. 2010. №1. Т.5. С. 129-130.
5. Квашнёв А.А. Теоретическая возможность использования эффекта Коанда для стабилизации миномётного выстрела в канале ствола / А.А, Квашнёв, Р.И. Егоров, К.Е. Милевский, А.В. Гуськов // Материалы международной конференции 27-29 ноября 2017 г. «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики – 2017» в Национальном исследовательском Томском государственном университете. С. 180-182.
6. Фомин В.А. О снижении момента инерции механизмов предохранителя от двойного заряжания миномета // Труды двенадцатой общероссийской молодежной научно-технической конференции «Молодежь. Техника. Космос – 2020» // Военмех. Вестник БГТУ. 2020. №67. С. 305-307.

УДК 004.75

П.С. ВОРОБЬЕВ
А.Т. МИРГАЛЕЕВ, кандидат
технических наук, доцент
Г.С. ТОЛСТОВ, кандидат
технических наук
С.М. ШАМАЕВ

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА
(БЛОКЧЕЙН) ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ
НА ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье изложены подходы к построению автоматизированных систем прослеживаемости цепей поставок сырья, материалов и комплектующих, а также финальных изделий вооружения, военной и специальной техники от изготовления до утилизации на основе использования технологии распределенного реестра (приватного блокчейна). Предлагаемые подходы позволяют верифицировать данные на этапе ввода в реестр, исключают потерю, неправомерные изменения данных любым участником оборота продукции. Тем самым создаются условия для повышения эффективности оперативного управления ресурсным обеспечением по таким критериям, как полнота, достоверность данных, корректность принимаемых решений, выигрыш во времени, устойчивость управления в любых условиях обстановки.

Ключевые слова: автоматизированная система; прослеживаемость; вооружение, военная и специальная техника; распределенный реестр; узлы.

На этапе производства и эксплуатации высокотехнологичной продукции машиностроения, к которой относятся и вооружение, военная и специальная техника (ВВСТ), ключевую роль играет возможность обеспечения однозначной и непрерывной связи потоков материальных ресурсов и процессов с ними (сырья, материалов, изделий, инструментов, документации, изменения прав собственности, выполненных работ, внешних условий, полученных воздействий, др.) и характеризующего их

информационного потока. Такая связь обеспечивается в рамках организации эффективного механизма документирования, хранения, передачи данных о продукции на производственной и послепроизводственных стадиях жизненного цикла (ЖЦ), начиная с поступления сырья, материалов и комплектующих изделий в производство и кончая утилизацией ВВСТ и комплектующих. Указанные задачи решаются в рамках создания автоматизированных систем прослеживаемости продукции [1] при реализации процессов ЖЦ ВВСТ [2-4].

При создании систем прослеживаемости должна решаться задача получения данных из разнородных автоматизированных систем различной ведомственной и организационно-хозяйственной принадлежности, обеспечения необходимого уровня доверия к данным, что требует сохранения полноты и достоверности данных даже в условиях попыток умышленного или неумышленного искажения, уничтожения данных, утраты части структурных элементов автоматизированной сети, где хранились данные. Доверие к данным предполагает создание системы контроля полноты и непротиворечивости данных, которая должна распространяться на данные всех участников оборота продукции, начиная от изготовителей сырья, материалов и комплектующих, включая всех посредников в цепи поставок, изготовителей финальной продукции, эксплуатантов, арсеналы и склады, предприятия по ремонту, сервисному обслуживанию и утилизации ВВСТ [5]. С учетом разновременности событий с продукцией (до десятков лет), территориальной и организационной разобщенности всех участников, ограничений на доступ к данным по соображениям коммерческой и государственной тайны, создание сквозной системы контроля полноты и непротиворечивости данных по ЖЦ продукции представляется крайне сложной задачей. Собственник данных, исходя из своих интересов, может задним числом изменить свои архивные записи, а текущий собственник продукции может утратить связанные данные, переписать свои или чужие данные в составе маркировки, паспорта (формуляра, этикетки), сертификатов соответствия, сопроводительной документации. Все это в полной мере проявляется сегодня в системе оборота сырья, материалов, финальных изделий и комплектующих элементов оборонной и гражданской продукции в виде заметного присутствия

фальсифицированных и контрафактных материалов и изделий, а также продукции с недостоверными данными о ЖЦ¹.

Применяемые сегодня в промышленности и Минобороны России автоматизированные системы управления материальными ресурсами на основе баз данных участников реализации ЖЦ оборонной продукции не обеспечивают в необходимой мере сквозной контроль полноты и непротиворечивости данных с учетом многократной передачи данных между участниками, не исключают возможность утраты, неправомерного изменения, удаления и добавления данных. Функции контроля качества данных требуют создания специальных органов с полномочиями анализа информационных потоков в системе прослеживаемости продукции, выявления и прекращения оборота уже введенных в систему недостоверных данных и связанной с ними продукции.

Указанные недостатки автоматизированных систем управления материальными ресурсами можно в значительной степени устранить на основе использования технологии распределенного реестра (приватного блокчейна)², которая позволяет верифицировать данные на этапе ввода в реестр и исключает потерю данных, изменения данных или неправомерные удаления и добавления данных любым участником оборота продукции.

Технология распределенного реестра основана на применении полностью реплицированной распределенной базы данных, размещенной в распределенной сети одноранговых узлов, которые хранят в зашифрованном или незашифрованном виде информацию о всех выполненных в сети транзакциях в виде копий записей реестра, подписанных с помощью асимметричного шифрования.

Под транзакциями понимаются любые действия, которые владельцы материалов или изделий совершают в сети – внесение данных об изготовлении продукции, проведенных испытаниях, приемке, характеристиках, гарантийных обязательствах, продаже / покупке, приеме / передаче, обработке, сборке, наработке, изменении комплектности,

¹ Материалы и изделия, не имеющие достоверных документальных свидетельств о реализации событий ЖЦ (изготовлении, испытаниях, условиях транспортирования и хранения, применениях по назначению, технических обслуживаниях, доработках, отказах, др.) по причине утраты или недолжного ведения формуляров, паспортов, этикеток, наличия не удостоверенных должным образом дубликатов документов, записей, исправлений и наличия пропусков данных.

² Michiel Mulders. Hyperledger Fabric Tutorial: Comprehensive Guide. URL: <https://blockgeeks.com/guides/hyperledger-fabric-tutorial-part-1>. Updated on: April 24th, 2020.

проведении обслуживаний, ремонтов, доработок, выявленных отказах, списании и утилизации, а также операции чтения данных.

Записи о транзакциях подвергаются проверке по установленным правилам и группируются в блоки, которые являются специальными структурами для записи и хранения транзакций. Выстроенная по определённым правилам непрерывная цепочка блоков называется блокчейном, она представляет собой связный список, где каждая следующая запись ссылается на одну предыдущую, и так до самой первой записи. Каждый блок содержит информацию о предыдущем блоке и изменение любого блока потребует изменения всех блоков, следующих за ним. Отсутствие изменений удостоверяется цифровой подписью (через криптографические хэш-функции, далее хэш). Блок состоит из заголовка и списка транзакций. Заголовок блока включает в себя свой хеш, хеш предыдущего блока, хеши транзакций и дополнительную служебную информацию. Транзакция считается завершённой и достоверной (подтверждённой или валидной), когда проверены её формат, содержание и подписи, и когда сама транзакция объединена в группу с несколькими другими. Такая автоматизированная децентрализованная транзакционная модель не требует участия посредников в виде центральной базы данных, аналитических контрольных служб и обеспечивает автоматическую проверку согласованности новых данных со всеми ранее документированными данными еще на этапе ввода информации в систему.

Пользователями такой сети должны являться текущие и предшествующие владельцы сырья, материалов, комплектующих и изделий ВВТ, к которым относятся предприятия-изготовители, посредники в цепях поставок, эксплуатирующие организации, арсеналы / базы хранения, ремонтные предприятия, предприятия по утилизации, которые могут записывать данные в реестр (только в период владения продукцией) и читать данные. Виды материалов и изделий ВВСТ должны учитываться в рамках отдельных независимых каналов сети, в которых ведутся части единого реестра или самостоятельные реестры. Пользователями такой сети также должны являться органы управления и контроля, которые могут только читать данные реестра в соответствии с их полномочиями. Возможна гибкая настройка прав доступа к сети, создание частных систем с закрытыми для чтения блоками – посторонние не

смогут читать данные, к которым у них нет допуска. Просмотр транзакций в этом случае будет возможен только с ключами шифрования.

Каналом сети называется закрытая подсеть, состоящая из двух или более участников блокчейн-сети, предназначенная для проведения конфиденциальных транзакций внутри ограниченного, но известного круга участников. Канал определяется участниками, своим распределённым реестром, алгоритмом обработки транзакций, а также составом и функциями узлов сети. Каждый участник канала должен быть авторизован на доступ к каналу и иметь право выполнять разного рода транзакции. Авторизация должна выполняться с помощью специализированной службы в составе сети.

Названия узлов в сети распределенного реестра указаны далее с учетом принятой международной терминологии и выполняют следующие функции. Узлы одобрения (Endorsing Peers) осуществляют симуляцию исполнения транзакции, то есть выполняют заданный алгоритм обработки транзакции в соответствии с политикой одобрения (Endorsement Policy) без регистрации данных в реестре. После выполнения проверки и исполнения алгоритма узлы возвращают результаты выполнения клиентскому приложению вместе со своей цифровой подписью. Узлы упорядочивания (Ordering Service) служат для формирования новых блоков распределенного реестра и определения очередности исполнения транзакций. Данные узлы не добавляют новые блоки в реестр, эту функцию выполняют узлы исполнения транзакций (Committing Peers). Данные узлы содержат распределенный реестр и добавляют к реестру новые блоки, которые формируют узлы упорядочивания. Все узлы исполнения транзакций содержат локальную копию распределенного реестра. Перед добавлением нового блока в реестр все транзакции внутри блока проверяются на непротиворечивость ранее введенным данным и на соответствие установленным правилам, которые называются «политикой одобрения». Правила определяют необходимый набор узлов, на которых должен быть выполнен алгоритм проверки и обработки транзакции для того, чтобы транзакция была признана валидной. Распределенный реестр (Ledger) состоит из двух частей: часть реестра с записями значений характеристик текущего состояния продукции (State DataBase) и часть реестра с цепочками блоков, хранящих все предшествующие значения и изменения данных (BlockChain).

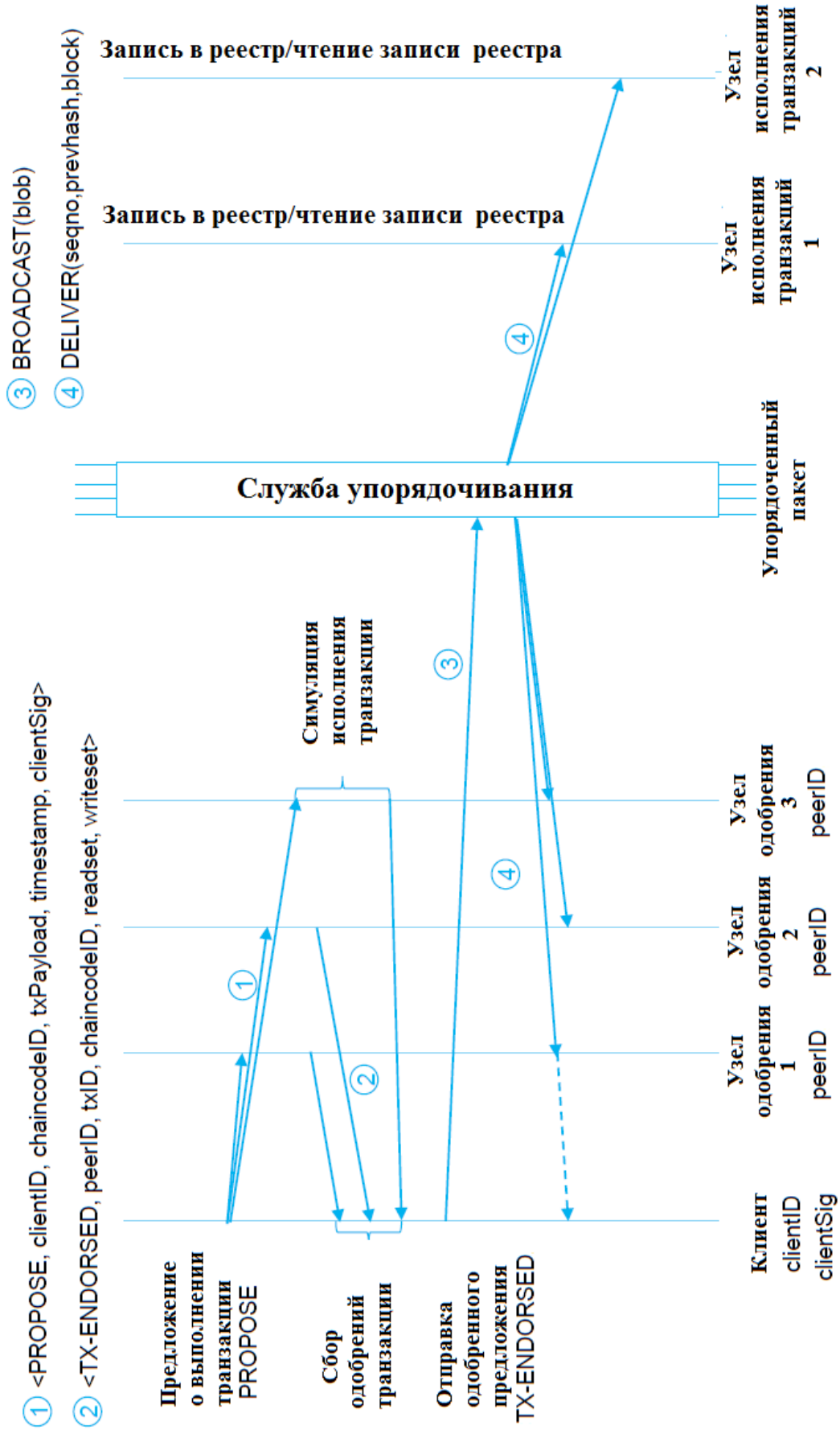


Рисунок 1 – Типовой сценарий исполнения транзакции

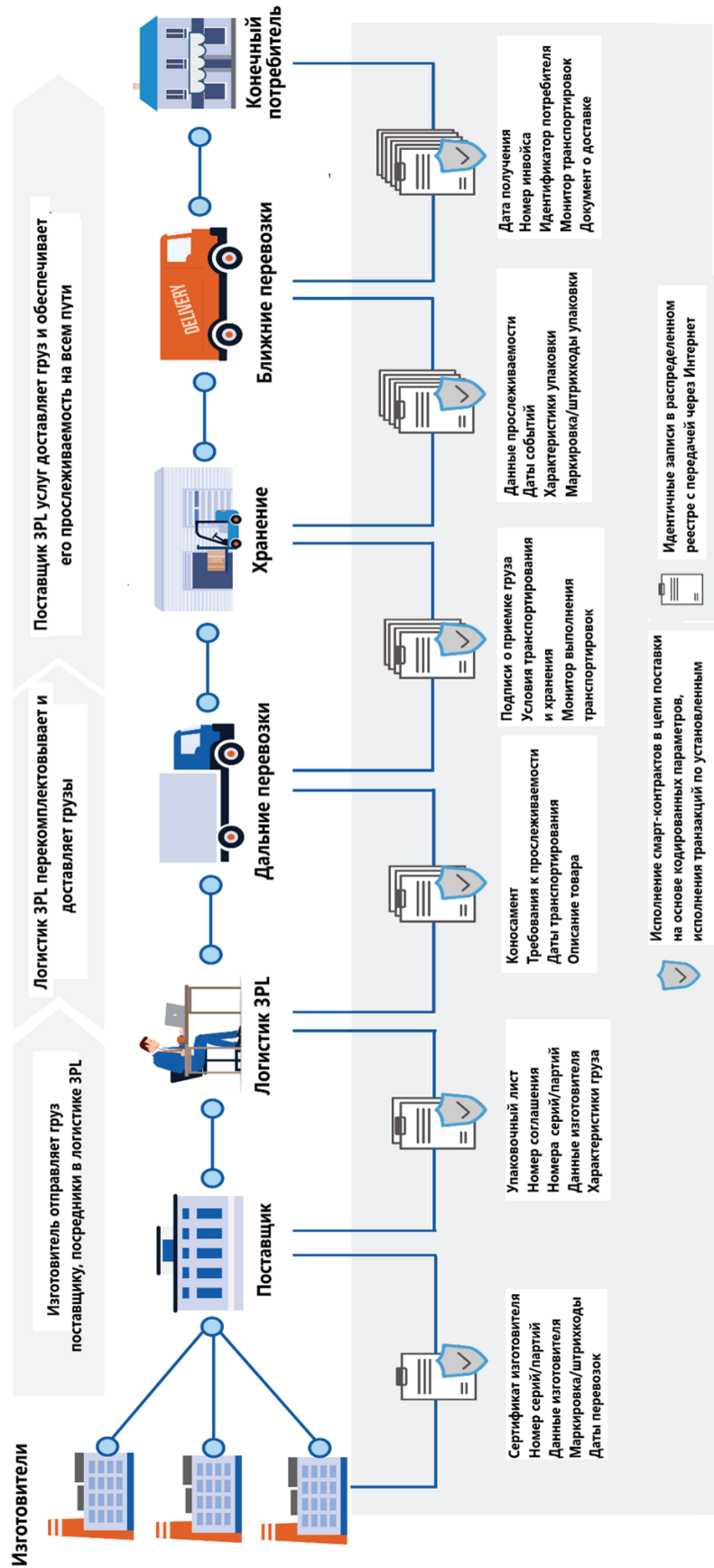


Рисунок 2 – Схема формирования данных и применения технологии распределенного реестра в цепи поставок сырья, материалов и комплектующих элементов

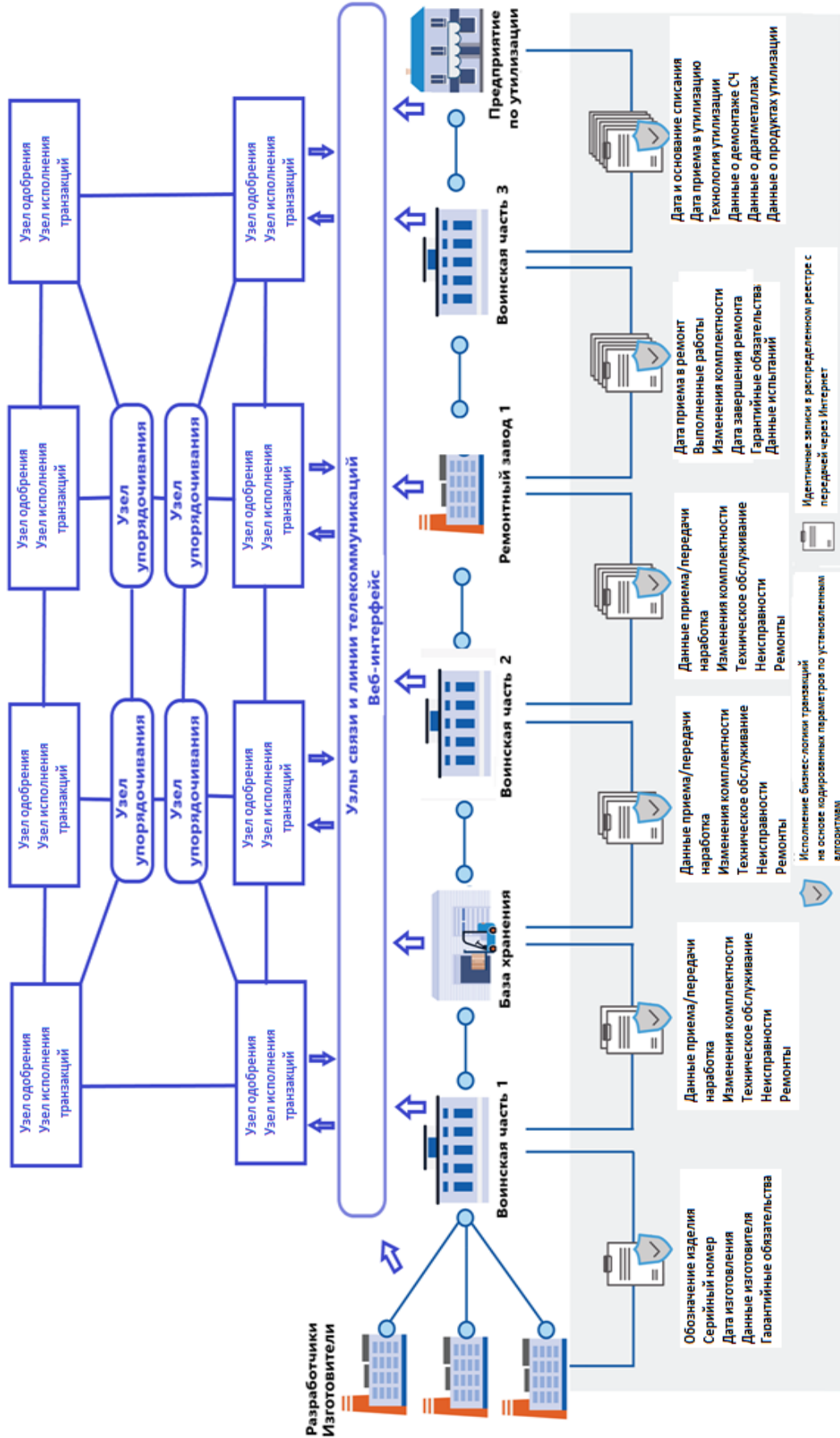


Рисунок 3 – Схема формирования данных и применения технологии распределенного реестра для контроля оборота финальных изделий ВВСТ от изготовления до утилизации

Общая схема (сценарий) исполнения транзакции узлами сети приведена на рисунке 1.

Преимущества этой технологии – информация, встроенная в цепочку блоков, не может быть стёрта или изменена кем-либо в одностороннем порядке. Блокчейн позволит отследить все записи о действиях изготовителей, поставщиков, посредников в цепи поставок, эксплуатирующих и ремонтных организаций и избежать утраты и фальсификации данных. Каждый узел исполнения транзакций сохраняет идентичные копии документов, обеспечивает целостность всей сети передачи данных при сохранении конфиденциальности и прав доступа к данным, при этом уровень секретности передаваемых и хранимых данных должен быть до «совершенно секретно».

При использовании данной технологии в цепи поставок сырья, материалов и комплектующих элементов сделка купли-продажи, согласованная двумя участниками, будет проводиться в сети в более сжатые сроки и с автоматическим контролем достоверности параметров сделки на всю глубину истории закупаемой продукции, вплоть до источника ее происхождения и всех посредников. В результате ускоряется заключение соглашений, отгрузка и получение продукции, минимизируются возможности коррупции, оборота фальсификатов и контрафакта. Попытка проведения транзакции с нарушениями (подделка, неправомерное добавление или удаление информации) будет фиксироваться и становиться известной всем участникам цепочки поставок.

Контролирующий орган и конечный потребитель может видеть в режиме реального времени необходимые и точные данные о продукции (источник происхождения, характеристики, продавец, покупатель, перевозчик, стоимость, страхование, сертификаты и т.д.).

Схема формирования данных и применения технологии распределенного реестра в цепи поставок сырья, материалов и комплектующих элементов приведена на рисунке 2. Конечными потребителями информации являются предприятия-изготовители ВВСТ и контрольные органы, уполномоченные в области контроля качества сырья, материалов и комплектующих элементов. Макетный вариант программных средств такой сети разработан АО «Воентелеком».

Контроль оборота финальных изделий ВВСТ от изготовления до утилизации с применением технологии распределенного реестра может быть организован в рамках схемы, приведенной на рисунке 3.

На программно-аппаратных средствах пользователей – предприятий-изготовителей, воинских частей, эксплуатирующих изделия ВВСТ, ремонтных предприятий и др. должны быть развернуты пользовательские приложения и базы данных (БД) с записями формуляров, паспортов, этикеток изделий ВВСТ, которые внес данный пользователь за период владения изделием и записей, которые он получил от предшествующего владельца. БД должна являться срезом распределенного реестра в части транзакций данного пользователя. Общие требования к ведению и передаче электронных формуляров, паспортов, этикеток изделий ВВСТ должны соответствовать ГОСТ³. Система может включать в виде приложений также связанные с формулярами удостоверенные документы, такие как счет-фактуры, накладные, путевые (полетные) листы, сертификаты изготовителей, упаковочные листы, акты технического состояния, протоколы испытаний и др. Разработчик, изготовитель, заказчик, контролирующий орган может видеть в режиме реального времени необходимые и точные данные по состоянию, комплектности, запасам и расходам ресурсов ВВСТ.

Сеть распределенного реестра следует разделять на закрытые подсети, соответствующие видам ВВСТ и службам материально-технического обеспечения. Узлы сети с репликами реестров следует размещать на уровнях управления от оперативного до центральных органов управления ресурсным обеспечением и на соответствующих уровнях предприятий оборонно-промышленного комплекса и организаций Минпромторга России. Количество узлов, каналов сети, объем и состав данных распределенного реестра должны определяться, исходя из решаемых на уровне управления задач, потребности обеспечения живучести автоматизированной системы прослеживаемости ВВСТ при потере части узлов сети. Узлы сети, размещаемые на вышестоящем уровне управления, должны содержать все данные нижестоящего уровня управления.

³ ГОСТ РВ 0002-605-2021. Единая система конструкторской документации. Военная техника. Электронный формуляр, паспорт, этикетка. Основные положения.

Передача данных в сети должна осуществляться через штатные цифровые узлы связи и мультисервисную транспортную сеть связи Минобороны России и защищенную сеть связи оборонно-промышленного комплекса, развертывание и обслуживание которой осуществляет АО «Воентелеком».

Защита систем управления и связи от воздействия противника является элементом оборонительных информационных операций и неотъемлемой частью информационного противоборства [6]. Применение технологии распределенного реестра для контроля оборота ВВСТ от изготовления до утилизации обеспечивает очень высокий уровень устойчивости информационной системы – данные многократно дублированы и существуют, пока есть хоть один узел распределенного реестра, куда они занесены. При этом отсутствует центральное хранилище данных как посредник обмена данными, нет потребностей в специальных дата-центрах на уровнях управления. Требования к вычислительным средствам для реализации технологии распределенного реестра сохраняются в пределах или незначительно превышают требования к существующим автоматизированным системам. Фальсификация, утрата ранее внесенных данных об изделиях ВВСТ становятся невозможными. Контроль согласованности данных производится автоматически на этапе подготовки данных к внесению, глубина контроля данных задается для каждого вида данных в виде специального алгоритма в рамках принятой в сети политики одобрения и контроля валидности транзакций. Попытки введения несогласованных данных участниками сети выявляются, документируются и доводятся до заинтересованных пользователей.

Таким образом, применение технологии распределенного реестра для решения задач прослеживаемости сырья, материалов и комплектующих для производства ВВСТ и финальных изделий ВВСТ от изготовления до утилизации создает условия для повышения эффективности оперативного управления ресурсным обеспечением по таким критериям, как полнота, достоверность данных, корректность принимаемых решений, выигрыш во времени, устойчивость управления в любых условиях обстановки.

Список использованных источников

1. Воробьев П.С., Лежнев А.В., Толстов Г.С. Актуальность и пути формирования государственной информационной системы прослеживаемости вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2019. №3(49). С. 55-61.
2. Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2014. №2(27). С. 4-9.
3. Краснов А.В., Долгов В.А. Управление жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Rational Enterprise Management – Рациональное Управление Предприятием. 2013. №3. С. 32-33.
4. Долгов В.А., Краснов А.В., Курчевский В.А. Управление жизненным циклом производственных систем как инструмент сокращения затрат на этапе изготовления изделий вооружения и военной техники // Rational Enterprise Management – Рациональное Управление Предприятием. 2013. №5-6. С. 10-13.
5. Косенков О.И., Лагунов С.А., Гусев В.И. К вопросу о внедрении технологий управления жизненным циклом вооружения и военной техники в деятельность органов военного управления // Военная мысль. 2020. №11. С. 102-110.
6. Макаренко С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века. СПб.: Научные технологии, 2017. 546 с.

УДК 004.021

С.И. БЕЗДЕНЕЖНЫХ

ОЦЕНКА СХОДСТВА ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИКИ СИНТАКСИЧЕСКИХ *m*-ГРАММ

*Для оценки сходства технологий предложено использовать методы теории анализа данных. На примере вычисления редакционного расстояния Хэмминга показана работоспособность выбранного подхода. В качестве меры оценки сходства технологий предложено использовать синтаксические *m*-граммы. Обоснован вид критерия значимости *m*-граммы в функции оценки.*

*Ключевые слова: инновации; разработка технологий; теория информации; меры сходства; *m*-граммы.*

Методы выявления аналогий и прецедентов в технических системах широко применяются в экономике. В частности, они используются в методиках оценки стоимости и продолжительности опытно-конструкторских работ по созданию высокотехнологичной продукции [1]. Большинство таких методик основано на использовании данных о стоимости и времени проведения так называемой базовой работы.

Под базовой работой понимается завершенная опытно-конструкторская работа (ОКР), в результате выполнения которой был создан образец, являющийся аналогом (имеющим, обыкновенно, более низкие характеристики) для образца, создаваемого в рамках планируемой ОКР.

Под *образцом-аналогом* понимают образец изделия (отечественный или зарубежный) одного функционального назначения с планируемым к созданию образцом, все или основные характеристики которого в результате выполнения опытно-конструкторской работы планируется изменить.

Основу методического аппарата для определения образца-аналога составляют экспертные методы. В группах изделий с малым количеством возможных альтернатив эта работа не вызывает у экспертов сложностей, однако в больших группах, насчитывающих десятки экземпляров, определение наиболее близкого аналога может вызвать затруднение.

Экспертным методам присущи все достоинства и недостатки экспертных оценок: достоверность и надежность результатов таких исследований сильно зависят от компетентности экспертов, их количества и квалификации. Результаты, полученные разными группами экспертов, несравнимы между собой и, соответственно, не могут использоваться в разных исследованиях.

Другим актуальным вопросом, на который не могут объективно ответить экспертные методы, остается определение степени сходства или различия изделий-аналогов.

Учитывая недостатки существующих методов, в данной статье рассматривается квалиметрический подход к оценке степени сходства изделий и технологий. За отправную точку взята предложенная ранее в [2] идея о том, что технологии можно описать с помощью терминов теории информации. Из чего следует, что для анализа технологий можно использовать методы теории анализа данных [3].

Понятие *технология* далее трактуется как совокупность документированных знаний для создания технических изделий и систем [4]. Она декомпозируется на составные технологии, каждая из которых может быть представлена набором технологических альтернатив. Далее используются следующие понятия:

алфавит G_t в момент времени t – это конечное множество доступных технологий $G = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_K\}$, которые могут быть использованы при создании изделия;

слово T – конечная последовательность $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N\}$, $T \subset G_t$ суммарной длины N , представляющая технологическую модель изделия.

1. Оценка сходства технологий с использованием редакционного расстояния Хэмминга

В теории анализа данных для оценки сходства изучаемых объектов часто применяются алгоритмы вычисления *меры сходства строк*. Меры сходства являются разновидностью мер близости и выражаются функциями s от элементов скалярного произведения множества X на себя ($X \times X$). При этом значения функции $s \in R$ должны удовлетворять требованиям неотрицательности ($s \geq 0$) и симметричности ($s(x, y) = s(y, x)$) [5].

На практике в качестве мер сходства зачастую используются величины из диапазона $[0, 1]$, где 1 – полное сходство, а 0 – полное несходство.

Одной из таких универсальных мер близости многомерных объектов одинаковой размерности является расстояние Хэмминга d_H :

$$d_H(T_1, T_2) = \sum_{m=1}^N |a_{1m} - a_{2m}|, \quad (1)$$

где T_1, T_2 – многомерные объекты, характеризующиеся N числовыми параметрами.

Смысл меры Хэмминга заключается в том, что в многомерном пространстве признаков два объекта тем ближе, чем по меньшему количеству признаков (параметров) они различаются. В случае двоичного характера признаков в качестве меры сходства можно использовать величину μ_H , определяемую на основе расстояния Хэмминга по следующему соотношению:

$$\mu_H = 1 - \frac{d_H(T_1, T_2)}{N}. \quad (2)$$

Технологические модели являются объектами, составные элементы которых в соответствующих позициях можно рассматривать как признаки нечисловой природы. Для применения меры Хэмминга к таким объектам в выражении (1) числовую операцию $|a_{i_m} - a_{j_m}|$ необходимо заменить двоичной функцией сравнения:

$$\delta(a_{i_m}, a_{j_m}) = \begin{cases} 0, & \text{если } a_{i_m} = a_{j_m} \\ 1, & \text{если } a_{i_m} \neq a_{j_m} \end{cases}. \quad (3)$$

В результате мера сходства μ_H конечных последовательностей $T_i = \{\tau_{i1}, \tau_{i2}, \dots, \tau_{iN}\}$ и $T_j = \{\tau_{j1}, \tau_{j2}, \dots, \tau_{jN}\}$ по Хэммингу вычисляется на основе следующего выражения:

$$\mu_H = 1 - \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \delta(a_{i_m}, a_{j_m}). \quad (4)$$

Проиллюстрируем предложенную меру на примере. Для этого рассмотрим множество беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), представленных в таблице 1, и сравним несколько моделей между собой.

В соответствии с (4), значения меры сходства моделей БПЛА составят:

$$\mu_H(\text{Модель 1, Модель 2}) = 1 - 0,2 * (0 + 0 + 1 + 0 + 0) = 0,8;$$

$$\mu_H(\text{Модель 7, Модель 8}) = 1 - 0,2 * (0 + 0 + 0 + 1 + 0) = 0,8;$$

$$\mu_H (\text{Модель 1, Модель 10}) = 1 - 0,2 * (1 + 1 + 0 + 1 + 1) = 0,2;$$

$$\mu_H (\text{Модель 2, Модель 3}) = 1 - 0,2 * (0 + 0 + 0 + 0 + 0) = 1;$$

$$\mu_H (\text{Модель 2, Модель 10}) = 1 - 0,2 * (1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 0.$$

Из приведенного примера следует, что БПЛА моделей 1 и 2 очень похожи. И действительно, различие у них только в типе навигационной системы. БПЛА моделей 2 и 3 являются полными аналогами. Модели 1 и 10 различаются кардинально – у них сходство только в типе навигационной системы.

Таблица 1 – Множество БПЛА ближнего действия

Изделие	Технологическая модель БПЛА				
	Схема БПЛА	САУ	Навигация	Двигатель	Посадка
Модель 1	квадрокоптер (1)	Naza 2M (1)	инерциал. (1)	электр.(1)	верт. (1)
Модель 2	квадрокоптер (1)	Naza 2M (1)	СНС (2)	электр.(1)	верт. (1)
Модель 3	квадрокоптер (1)	Naza 2M (1)	СНС (2)	электр.(1)	верт. (1)
Модель 4	конвертоплан (2)	Ardupilot (2)	СНС (2)	бензин. (2)	верт. (1)
Модель 5	конвертоплан (2)	PixHawk (3)	СНС (2)	электр.(1)	верт. (1)
Модель 6	самолет (3)	Ardupilot (2)	СНС (2)	электр.(1)	парашют (2)
Модель 7	самолет (3)	Ardupilot (2)	СНС (2)	электр.(1)	парашют (2)
Модель 8	самолет (3)	Ardupilot (2)	СНС (2)	бензин. (2)	парашют (2)
Модель 9	самолет (3)	PixHawk (3)	СНС (2)	бензин. (2)	парашют (3)
Модель 10	самолет (3)	PixHawk (3)	инерциал. (1)	водород. (3)	самолет. (3)

2. Оценка сходства технологий с использованием техники *m*-грамм

Приведенный пример упрощен, так как сходство технологий не может определяться только количеством совпадений технологических альтернатив в группах. Почти всегда новое изделие имеет свои технологические решения и полное совпадение технологий в технологических группах для сложных изделий скорее исключение. Тем не менее пример демонстрирует работоспособность предложенного подхода.

Рассмотренное расстояние Хэмминга ограничено исключительно операцией замены, поэтому оно применяется только для объектов одинаковой размерности. Существуют другие разновидности меры измерения расстояния, которые рассчитываются с использованием иного набора допустимых операций редактирования и допускают различную размерность объектов. Наиболее известные из них: расстояние Левенштейна, Дамерау-Левенштейна, наибольшая общая подпоследовательность, сходство Джаро-Винклера.

Общим недостатком перечисленных методов при решении задачи определения сходства технологий является их ориентированность на линейную структуру сравниваемых данных, состоящих из одного алфавита. В то время как модель, приведенная в [4], рассматривает каждую технологию рекуррентно как составную структурированную функционально-технологическо-физическую модель. При этом технологическая составляющая модели включает функционально-технологическо-физические модели составных частей. Таким образом, технологическая модель представляется в виде упорядоченного ориентированного графа (дерева), в котором составные технологии локализуются в технологических группах и фактически формируют обособленный алфавит.

Учитывая эти особенности, для вычисления меры сходства технологий можно прибегнуть к алгоритмам синтаксических m -грамм¹ [5-8]. M -граммами называют сочетания из m смежных символов. Синтаксические m -граммы – это m -граммы, определяемые путями в деревьях синтаксических зависимостей или деревьях составляющих объектов, а не линейной структурой текста.

Синтаксические m -граммы нашли обширное применение в методах выявления плагиата, установления авторства текстов, успешно используются для категоризации текста и языка. В области биоинформатики m -граммы используются для поиска генетических последовательностей и определения того, с каких конкретных видов животных собраны образцы ДНК. Кроме того, их используют для создания функций, которые позволяют получать знания из текстовых данных.

В качестве меры сходства строк T_1 и T_2 в технике m -грамм используется величина μ_m :

$$\mu_m = \frac{2m(T_1, T_2)}{m(T_1) + m(T_2)}, \quad (5)$$

где $m(T_1)$ и $m(T_2)$ – количество m -грамм в строках T_1 и T_2 соответственно; $m(T_1, T_2)$ – количество m -грамм, одновременно входящих в строку T_1 и в строку T_2 , независимо от позиции расположения.

Смысл меры на основе m -грамм заключается в том, что сходство строк символов (объектов) рассматривается в контексте близости их

¹ В литературе используются также обозначения N -граммы или q -граммы.

лексического значения, обусловленного некоторым ядром (коллокацией) в форме подпоследовательности из m -символов, которая:

- а) может сдвигаться по позициям ввиду морфологических различий;
- б) «размываться» с учётом определённых особенностей произношения, правописания и т.п.

В результате на основе m -грамм можно анализировать сходство строк как последовательностей символов (объектов) разной размерности. Кроме того, сходство строк, как уже было отмечено, определяется не по совпадению m -грамм, начинающихся в одинаковых позициях, а как одновременное вхождение m -грамм в объекты сравнения независимо от их позиций в строках сравнения.

Выбор значений m является центральным вопросом при формировании меры μ_m и обычно осуществляется на основе лексических или семантических соображений [5].

Семантические значения текстов определяются отдельными словами и их сочетаниями. Поэтому при анализе текстов на практике ограничиваются анализом только по одному значению m , в большинстве случаев по двуграммам ($m = 2$) или реже по триграммам ($m = 3$).

В случае сравнения технологий, когда природа элементов последовательностей является произвольной, выбор значений m является неопределённым. В этом случае можно выделить следующие критерии сходства последовательностей:

количественный – сходство тем больше, чем в большем количестве позиций совпадают элементы;

качественный – сходство тем больше, чем больше совпадений элементов в смежных позициях.

Следует отметить, что по смыслу совпадения совокупности смежных элементов одна совпадающая m -грамма должна быть отделена от другой совпадающей m -граммы минимум одной позицией, в которой элементы сравниваемых последовательностей не совпадают. В противном случае имеет место совпадение одной m -граммы, в которой число m определяется количеством подряд следующих позиций совпавших элементов.

С точки зрения оценки сходства технологий, номера позиций, с которых начинаются совпадающие m -граммы (в начале последовательности, в середине или в конце), не имеют значения. Поэтому совпадения m -

граммы, начинающиеся, например, с 1-й позиции или со 2-й позиции, или с 5-й позиции и т.д., рассматриваются как один и тот же случай сходства.

В результате для определённого значения размерности сравниваемых последовательностей можно построить ряд вариантов совпадений элементов, при которых сходство последовательностей должно возрастать в соответствии с ростом количества и качества совпадений. При этом увеличение качества совпадений трактуется как появление хотя бы одной совпавшей m -граммы, размерность которой (m) на единицу выше самой старшей m -граммы в предыдущем варианте. Такой подход к определению сходства последовательностей называется *количественно-качественным с приоритетом количества совпадений* [5].

Количество совпадений элементов определяется суммой произведений значений n_m (количество совпавших m -грамм) на число m (количество элементов в m -грамме) – $\sum_{m=1}^N mn_m$. Каждое слагаемое mn_m даёт вклад в общее количество совпадений элементов, реализованное совпадением соответствующих m -грамм. Как следует из вышеприведённых критериев близости, сходство последовательностей должно быть тем выше, чем более «старшими» m -граммами (с большими значениями m) оно реализовано. Тогда одним из подходов к установлению меры сходства последовательностей может быть «взвешивание» слагаемых mn_m в зависимости от размерности m -грамм.

В результате получается следующая мера сходства μ , зависящая от количества и качества совпадений элементов конечных последовательностей:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N mn_m c_m \quad (6)$$

где n_m – количество совпадений m -грамм; N – максимальное количество элементов в сравниваемых последовательностях; c_m – вес значимости совпадения m -граммы в сходстве последовательностей, $c_m \leq 1$.

В [5] доказано, что величина μ удовлетворяет требованиям, предъявляемым к мерам сходства. В частности величина, определяемая по формуле (6), является неотрицательной в диапазоне $[0, 1]$ и обладает свойством симметричности.

3. Выбор коэффициента значимости m -граммы

Характер поведения меры сходства объектов в формуле (6) определяется коэффициентом значимости c_m . Определяющая коэффициент функция обуславливается спецификой природы анализируемых последовательностей, их элементов, а также особенностями исследовательских задач. Чтобы определить наиболее рациональный вариант этой функции для оценки сходства технологий рассмотрим возможные подходы.

Первый из них – это возрастание коэффициента значимости от отношения $\frac{m}{N}$. Действительно, чем большую часть последовательностей составляет совпадающая m -грамма, тем более значимым должен быть ее вклад в сходство. Таким образом, для определения коэффициента c_m необходимо задать некоторую функцию от $\frac{m}{N}$.

При $c_m = 1$ мера сходства μ ступенчато возрастает пропорционально общему количеству совпадений, не различая их разное качество по однограммам, двуграммам, триграммам и т.д. Интересно, что полученные таким образом значения меры сходства будут соответствовать мере Хэмминга.

Простая пропорциональная зависимость весов значимости c_m от $\frac{m}{N}$ даёт нелинейно и немонотонно возрастающую картину повышения сходства последовательностей в зависимости от количества и качества совпадений. Так, в точках перехода «количества в качество» сходство последовательностей уменьшается вопреки росту количества совпавших элементов. Такое поведение меры μ в соответствующих случаях отражает приоритет качества совпадений.

На рисунке 1 приведены графики μ по другим видам функции c_m , которые также демонстрируют приоритет качества совпадений элементов в сходстве последовательностей.

Другим подходом к установлению весов значимости c_m может быть учёт максимального количества $\max_m(N)$ возможных совпадений по конкретной m -грамме в рамках определённой размерности сравниваемых последовательностей.

Предполагается, что вес m -граммы должен быть тем больше, чем меньше совпадений m -грамм может реализоваться в пределах

N -элементов последовательности, т.е. чем меньше $\max_m(N)$. Например, вес совпадения двуграммы $c_2(N)$ в последовательности из 3-х или 4-х элементов должен быть выше, чем вес совпадения двуграммы $c_2(N)$ при $N = 5$, $N = 6$, $N = 7$, поскольку при $N = 3$ и $N = 4$ совпадение одной двуграммы реализует весь набор случаев сходства последовательностей по совпадению двуграмм, а при $N = 5$, $N = 6$, $N = 7$ – только один из двух возможных случаев сходства по совпадениям двуграмм.

На рисунке 2 представлены расчёты коэффициента сходства последовательностей из 10 элементов ($N = 10$) при различных видах функции $c_m = f\left(\frac{1}{\max_m(N)}\right)$. Как видно из приведённых графиков, использование величин $\max_m(N)$ также реализует принцип приоритетности качества совпадений, но с другой спецификой «переходов» меры сходства при изменениях количества и качества совпадений. Например, при использовании для c_m функций с аргументом $\frac{1}{\max_m(N)}$ существенно увеличиваются «броски» меры сходства μ в точках при переходе от варианта совпадения по одной m -грамме к варианту с $(m + 1)$ совпадений m -грамм.

Конечные последовательности описания технологии имеют схожую, но не одинаковую размерность. В соответствии с эволюционно-технологической теорией [4] их можно рассматривать как случайные реализации некоторой исходной закономерности следования элементов (общей модели). В результате фрагменты исходной закономерности условно фиксированы по месту и анализ сходства можно вести по совпадению элементов или их совокупностей (m -грамм) в одинаковых позициях.

Очевидно, что в случае сравнения технологий одинаковой размерности большее соответствие должны все-таки иметь технологии с большим числом совпадений независимо от их качества. Однако вес m -граммы должен быть тем больше, чем меньше совпадений m -грамм может реализоваться в пределах технологической модели. То есть из двух технологий-альтернатив с одинаковым количеством элементов и равным количеством совпадающих технологий более близкой должна считаться та, у которой наибольшая длина совпадающей последовательности (выше качество). Одновременно при выборе из альтернатив разной длины и одинаковом количестве совпавших элементов должно быть обеспечено уменьшение критерия соответствия для технологии с большей размерностью технологической модели.

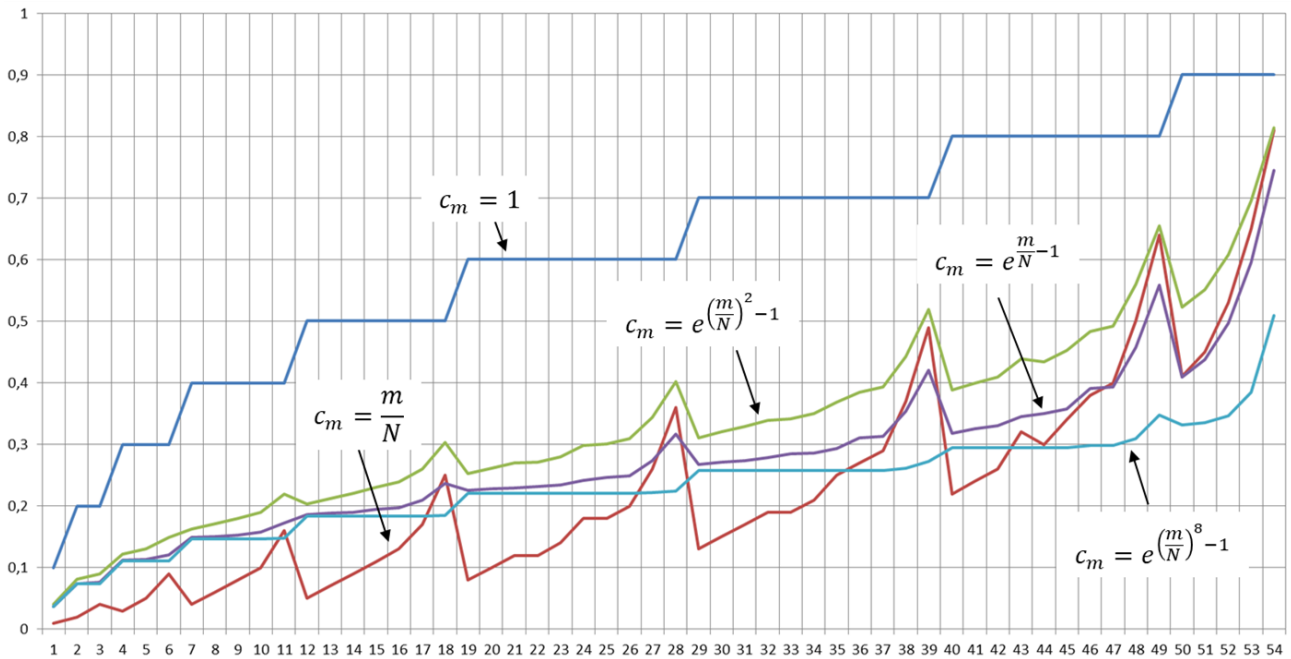


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сходства последовательностей при $N = 10$ от количества и качества совпадений при различных видах функции c_m

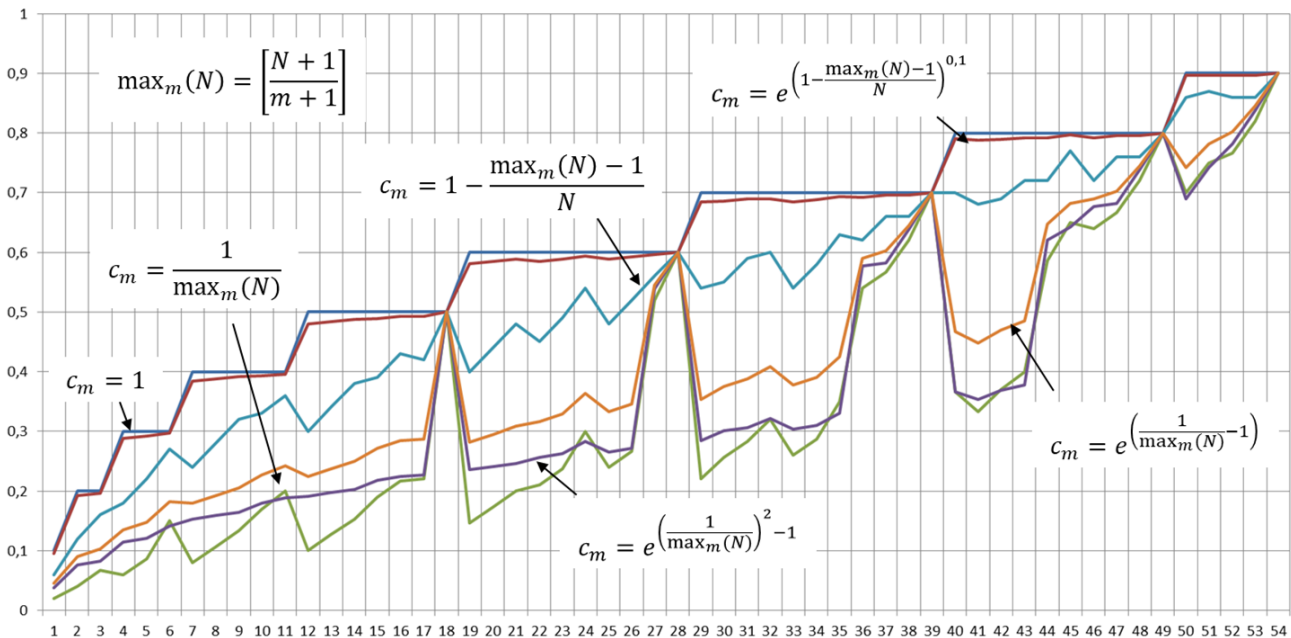


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента сходства последовательностей от количества и качества совпадений при различных видах функции c_m ($N=10$)

Таким образом, из рассмотренных видов функций c_m для оценки сходства технологий подходит функция $c_m = 1 - \frac{\max_m(N)-1}{N}$, которая учитывает предложенные критерии. В результате выражение оценки сходства технологий (6) будет иметь вид:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N m n_m \left(1 - \frac{\max_m(N)-1}{N}\right), \quad (7)$$

где n_m – количество совпадений m -грамм, N – максимальное количество элементов в сравниваемых последовательностях, а $\max_m(N)$ – максимальное количество m -грамм в последовательности.

В [5] показано, что значение $\max_m(N)$ определяется как целая часть отношения:

$$\max_m(N) = \left\lfloor \frac{N+1}{m+1} \right\rfloor. \quad (8)$$

Пересчитаем приведенный ранее пример схожести БПЛА с использованием предложенной метрики m -грамм (7):

$$\mu(\text{Модель 1, Модель 2}) = 0,2 * (2 * 2 * 0,8) = 0,64;$$

$$\mu(\text{Модель 7, Модель 8}) = 0,2 * ((1 * 3 * 0,6) + (3 * 1 * 1)) = 0,72;$$

$$\mu(\text{Модель 1, Модель 10}) = 0,2 * (1 * 1 * 0,6) = 0,2;$$

$$\mu(\text{Модель 2, Модель 3}) = 0,2 * (5 * 1 * 1) = 1;$$

$$\mu(\text{Модель 2, Модель 10}) = 0,2 * 0 = 0.$$

Из расчетов видно, что результаты сравнения моделей 1 и 10, моделей 2 и 3, а также моделей 2 и 10 полностью совпали с мерой Хемминга из первого примера. В то время как сравнение моделей 1 и 2, а также моделей 7 и 8 дало отличный от предыдущего результат. Более того, из нового примера видно, что различие моделей в первом сравнении больше, чем во втором, тогда как в прошлый раз они были равны. Эта разница обусловлена наличием качественного отличия: при сравнении моделей 1 и 2 было найдено только две двуграммы, а при сравнении моделей 7 и 8 – одна триграмма и еще одна однограмма.

4. Учет позиции m -граммы в иерархии модели технологии

Рассмотренные до этого примеры оперировали линейными структурами. Однако, как уже отмечалось, технологическая модель описывается при помощи упорядоченного ориентированного ациклического графа

(дерева), в котором составные технологии локализуются в технологических группах. Преимущество техники m -грамм состоит как раз в том, что она позволяет отойти от линейной структуры и сравнить объекты, представленные деревьями.

Рассмотрим как это происходит на еще одном примере. Рассчитаем сходство двух объектов, представленных на рисунке 3. Первый из них включает 13 элементов, второй – 12. Осмотр этих орграфов позволяет выявить одну пятиграмму, одну триграмму и одну однограмму. Таким образом, в соответствии с выражением (7), получается:

$$\mu(\text{БпЛА}_1, \text{БпЛА}_2) = 0,0833 * ((1 * 1 * 0,5833) + (3 * 1 * 0,8333) + (5 * 1 * 0,9166)) = 0,6389.$$

Несмотря на то, что результат выглядит вполне правдоподобно, в предложенном выше выражении (7) не учитывается одна важная особенность технологической модели: приоритет совпадения технологической модели высшего уровня перед совпадением составными технологиями низших уровней.

Для учета этой особенности подход к установлению весов значимости c_m должен быть усовершенствован и должен учитывать положение m -граммы в иерархии возможных совпадений по конкретной m -грамме в рамках иерархии сравниваемых деревьев. Другими словами, совпадение m -грамм, включающих элементы верхнего уровня, должно давать больший вклад в меру соответствия, чем совпадение m -грамм нижних уровней. Назовем такой подход *количественно-качественным с приоритетом количества совпадений и учетом структуры*.

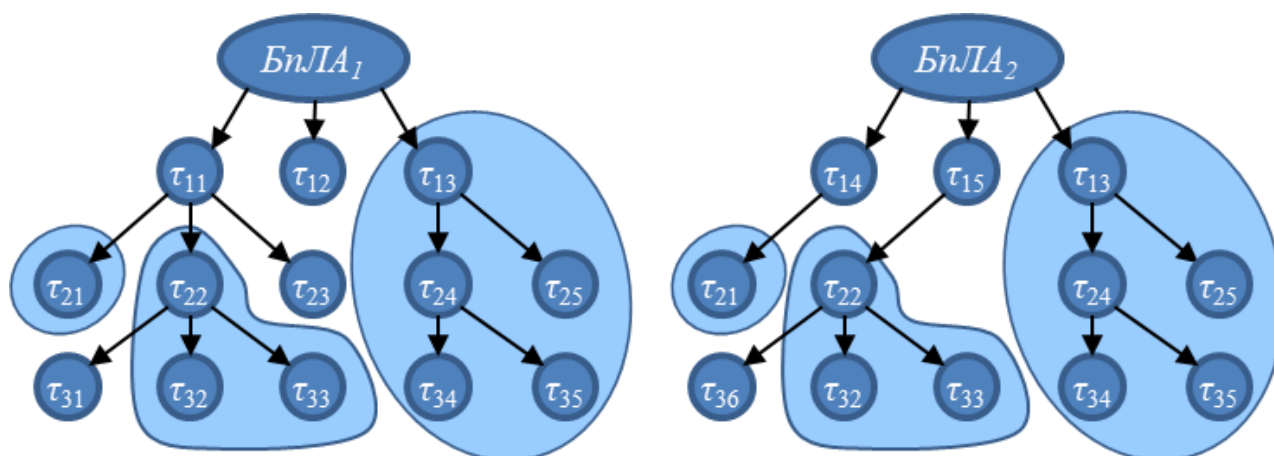


Рисунок 3 – Сравнение двух технологических моделей БпЛА

Основываясь на доводах, приведенных ранее, модифицируем выражение (7), дополнительно поставив возрастание коэффициента c_m в зависимость от соотношения $\frac{1}{l_m}$. То есть чем выше в иерархии дерева стоит m -грамма, тем выше должен быть ее вес. При этом глубина дерева значения не имеет.

С учетом возможной разницы глубины деревьев и места локации m -граммы в сравниваемых деревьях, при подсчете меры сходства необходимо учитывать узлы с наибольшей высотой в сравниваемых деревьях. Таким образом, выражение (7) приобретает вид:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N m n_m \left(1 - \frac{\max_m(N)-1}{N}\right) \frac{1}{l_m}, \quad (9)$$

где n_m – количество совпадений m -грамм; N – максимальное количество элементов в сравниваемых последовательностях, $\max_m(N)$ – максимальное количество m -грамм в последовательности; а l_m – высота m -граммы в дереве последовательности.

График на рисунке 4 показывает результаты расчётов значения коэффициента сходства деревьев последовательностей из 10 элементов ($N = 10$) для функции $c_m = 1 - \frac{\max_m(N)-1}{N}$ при разной высоте положения m -граммы (от 1 до 9). Для удобства график развернут пологой стороной к наблюдателю, при этом чем ближе значения, тем ниже уровень m -граммы в дереве технологической модели.

Пересчитаем последний пример с использованием выражения (9):

$$\mu (\text{БпЛА}_1, \text{БпЛА}_2) = 0,0833 * ((1 * 1 * 0,5833 * 0,5) + (3 * 1 * 0,8333 * 0,5) + (5 * 1 * 0,9166 * 1)) = 0,5104.$$

Как видно, результат оказался меньше предыдущего. Это обусловлено тем, что две трети технологий верхнего уровня в сравниваемых образцах не совпали.

Математически предложенный подход допускает взаимное равенство трех и более разных объектов, если в них присутствует баланс совпадения участков технологической модели к их размещению в дереве модели. Однако на практике такую ситуацию можно исключить, если учесть, что каждая технология фактически определяется своей технологической моделью и опирается на свой специфический алфавит. То есть ситуация, когда одни и те же составные технологии порождают разную технологию верхнего уровня, считается некорректной.

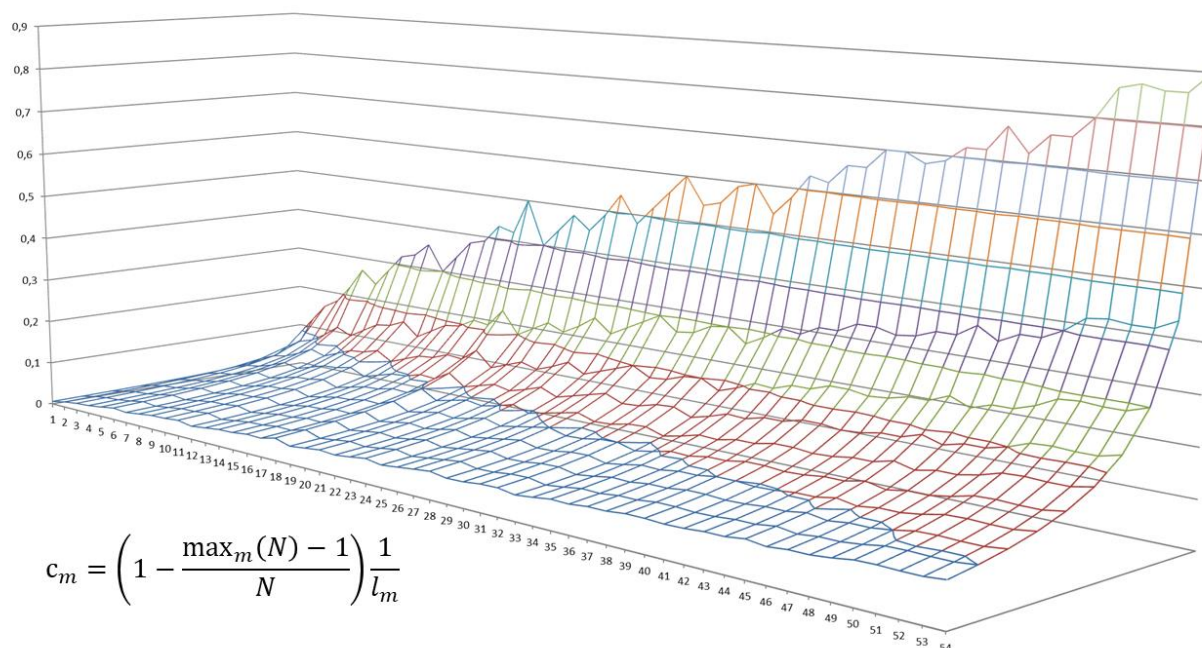


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента сходимости последовательностей от количества и качества совпадений функции c_m ($N=10$) для m -грамм, располагающихся на разной высоте (1...9) дерева технологической модели

Таким образом, расчеты, проведенные с использованием редакционного расстояния Хэмминга, демонстрируют возможность применения информационного подхода к решению задачи определения сходства технологий. Однако ограниченность мер, основанных на вычислении редакционного расстояния, и особенности технологической модели не позволяют применять их в реальных приложениях. Поэтому в качестве меры сходства технологий предложено использовать технику синтаксических m -грамм. Для выбранного подхода предложен коэффициент значимости c_m , учитывающий при сравнении количественные, качественные и структурные особенности сравниваемых технологических моделей.

Предложенный подход поможет более объективно ответить на вопрос о степени сходства технологий, осуществлять поиск аналогов независимыми группами исследователей, а также откроет путь к разработке новых методов оценки новизны и инновационности технологий.

Развитием предложенного исследования может быть создание алгоритма выделения m -грамм на технологической модели за оптимальное время. Существует ряд эффективных алгоритмов, решающих эту

задачу на линейной последовательности (Лемпеля-Зива-Велча, суффиксный массив, суффиксное дерево и др.), однако ни один из них не подходит для выделения m -грамм на дереве.

Кроме того, за последние семь лет существенный шаг вперед сделали методы интеллектуального поиска и определения сходства текстов. Появились такие инструменты как word2vec, GloVe, doc2vec, sent2vec, которые демонстрируют значительные практические результаты при обработке текстов на естественном языке. Основной заложенной в них идеей является представление текста как вектора в многомерном пространстве [9; 10]. Учитывая полученные ими результаты, актуально изучение возможности представления технологии подобным образом.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Издательская группа «Граница», 2012. 424 с.
2. Безденежных С.И., Брайткрайц С.Г. Информационный подход к оценке сложности и потенциала развития технологии // Вооружение и экономика. 2018. №4(46). С. 8-14.
3. Барсегян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Text Mining, OLAP. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 384 с.
4. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: ООО «Купол», 2009.
5. Гайдамакин Н.А. Мера сходства последовательностей одинаковой размерности // Математические структуры и моделирование. 2016. №4(40). С. 5-16.
6. Будников Е.А. Обзор некоторых статистических моделей естественных языков // Машинное обучение и анализ данных. 2011. №2. С. 243-248.
7. Андреева А.Г., Маркина Т.А. Оценка подобия деревьев с помощью вычисления rq -грамм расстояния // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. №3. С. 490-497.
8. Sidorov G. Syntactic Dependency Based N-grams in Rule Based Automatic English as Second Language Grammar Correction // International Journal of Computational Linguistics and Applications. 2013. №2. P. 169-188.
9. Николаенко С., Кадуринов А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
10. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // In Proceedings of Workshop at ICLR. 2013.

ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.984

А.Г. ПОДОЛЬСКИЙ, доктор
экономических наук,
профессор

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНОВОГО ДОКУМЕНТА

В статье изложены требования, которым должен удовлетворять современный научно-методический аппарат, используемый в процессе обоснования стоимостных и временных параметров мероприятий планового документа. Показано, что научно-методический аппарат должен учитывать погрешности в прогнозировании стоимостных и временных параметров мероприятий, обеспечивать комплексный учет затратного и ценностного аспектов, а также эффекта от реализации мероприятия и затрат на его выполнение.

Ключевые слова: адекватность; военно-экономическая целесообразность; жизненный цикл; мероприятие; образец; стоимостные и временные параметры.

Разработка долгосрочного планового документа является сложным процессом, который включает в себя организационную, информационную, методологическую, методическую и оценочные виды деятельности.

Организационный вид деятельности заключается в увязке по срокам и составу разрабатываемых и представляемых (направляемых) документов и информации всеми субъектами процесса формирования планового документа (федеральные органы исполнительной власти, организации промышленности, научно-исследовательские организации (НИО) Минобороны России, государственные заказчики и др.) в соответствии со своими функциональными обязанностями и решаемыми задачами.

Информационный вид деятельности состоит в формировании организациями промышленности и НИО массивов информации, являющейся исходными данными для обоснования состава мероприятий, а также их стоимостных и временных параметров.

Методологический вид деятельности осуществляется в интересах создания теории, методов и средств научной деятельности¹, которые применяются для разработки методического аппарата, реализующего на практике принципы программно-целевого планирования [1-3] и военно-экономического анализа [4; 5].

Методическая деятельность заключается в анализе состава и качества имеющегося на текущий момент времени методического аппарата, а также в определении направлений его развития (уточнение или разработка нового) в целях формирования обоснованного состава мероприятий, планируемых к включению в плановый документ, определения адекватных значений стоимостных и временных параметров мероприятий, а также оценки их реализуемости.

Оценочная деятельность представляет собой процесс получения значений тактико-технических и эксплуатационных характеристик, стоимостных и временных параметров мероприятий, а также оценок их реализуемости. Для ее проведения используются методология и методический аппарат, разработанные организациями промышленности и НИО Минобороны России, а также сформированные ими в результате информационного вида деятельности исходные данные.

Следует отметить, что организационный, информационный и методологический виды деятельности достаточно детально проработаны и изложены в действующих нормативных правовых документах федерального и ведомственного уровней, а также в научных монографиях (военно-научных трудах) [1-6] и в журнальных статьях [7-10 и др.]. Они выполняют обеспечивающую функцию для оценочного и методического видов деятельности.

Методический вид деятельности является ключевым в процессе формирования планового документа, так как в результате применения методического аппарата рассчитываются значения временных и стоимостных параметров, в том числе их распределение по годам планового периода, на основе которых принимаются решения о включении мероприятий в состав планового документа. Важность методического вида деятельности подчеркивает то, что он взаимосвязан прямыми и обратными связями со всеми другими видами деятельности.

¹ Большой энциклопедический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. М.: «Большая Российская энциклопедия»; СПб.: «Норинт», 2000. 1456 с.

Следует отметить, что процесс разработки методического аппарата, осуществляемый НИО Минобороны России, не носит в настоящее время комплексного характера, то есть не рассматривает во взаимосвязи вопросы формирования прогнозных оценок стоимостных и временных параметров планируемых мероприятий и их неопределенность, оценки военно-экономической целесообразности расходования финансовых ресурсов на выполнение отдельных мероприятий и жизненного цикла (ЖЦ) образца, а также определения реализуемости мероприятий. Это сдерживает повышение эффективности использования бюджетных средств, направляемых в значительных объемах на обеспечение военной безопасности государства.

Указанные обстоятельства делают актуальным формирование требований к методическому аппарату, которые направлены на обеспечение указанной комплексности, а их выполнение будет способствовать повышению качества военно-экономического анализа. Рассмотрим суть указанных требований.

Методический аппарат должен адекватно отражать процесс формирования стоимостных и временных параметров планируемых мероприятий.

Адекватность применяемого для определения стоимостных и временных параметров мероприятий методического аппарата является необходимым условием эффективного расходования бюджетных средств. При этом эффективность их расходования тем выше, чем выше его качество.

Адекватность методик оценки стоимостных и временных параметров подтверждается, во-первых, их легитимностью, то есть они должны быть утверждены начальниками соответствующих организаций и содержать список исполнителей, к которым можно обратиться за консультациями и разъяснениями. Во-вторых, каждая экономико-математическая модель должна содержать основные показатели, подтверждающие ее адекватность. К указанным показателям относятся:

- а) расчетное значение F-критерия Фишера;
- б) табличные значения F-критерия Фишера, определяемое для заданного уровня вероятности по специальным таблицам;
- в) коэффициент множественной корреляции (индекс корреляции, корреляционное отношение);

г) среднее относительное отклонение (в %) расчетного значения от наблюдаемого;

д) минимальное относительное отклонение (в %) расчетного значения от наблюдаемого;

е) максимальное относительное отклонение (в %) расчетного значения от наблюдаемого.

Методический аппарат прогнозирования стоимостных и временных параметров мероприятий должен содержать указанные показатели в систематизированном виде (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Состав показателей, отражающих адекватность методического аппарата

Номер формулы	Расчетное значение F-критерия Фишера	Табличное значение F-критерия Фишера	Коэффициент множественной корреляции (индекс корреляции, корреляционное отношение)	Коэффициент множественной детерминации	Относительное отклонение, %		
					Среднее (по модулю)	Минимальное	Максимальное
1	2	3	4	5	6	7	8

Методический аппарат должен обеспечивать проведение верификации технико-экономических исходных данных (ТЭИД), используемых для формирования стоимостных и временных параметров планируемых мероприятий.

Необходимость проведения верификации ТЭИД обусловлена тем, что в процессе их определения применяются экономико-математические модели, которые характеризуются определенным уровнем точности, а также принимают участие специалисты, осуществляющие формирование и ввод исходных данных, анализ результатов расчетов и представление их лицу, принимающему решение.

Учитывая важность использования для разработки планового документа сформированных организациями промышленности ТЭИД, не содержащих грубых и субъективных ошибок, а также значительных

систематических и случайных погрешностей, они должны подвергаться проверке с применением специальной процедуры².

Так как для проведения верификации ТЭИД требуются альтернативные оценки, то в качестве них предлагается использовать прогнозные оценки стоимостных и временных параметров мероприятий, рассчитываемых НИО Минобороны России, которые осуществляют их определение для обоснования предложений по развитию вооружения, военной и специальной техники в части касающейся.

Для практической реализации указанного принципа принимается, что ошибки прогнозирования стоимостных и временных параметров приблизительно нормально распределены.

Тогда могут быть сформированы пять областей, показанных на рисунке 1.

Области №1 и №2 характеризуются тем, что событие, состоящее в попадании значения ТЭИД в каждую из них, является практически невозможным. Это событие имеет место при значительном отклонении ТЭИД от рассчитанного НИО Минобороны России прогнозного значения стоимостного (временного) параметра, которое может быть вызвано грубыми ошибками. Вероятность его наступления составляет 0,005.

Области №3 и №4 на рисунке 1 характеризуются тем, что событие, состоящее в попадании значения ТЭИД в каждую из них, является редким. Такое событие имеет место при значительном отклонении ТЭИД от рассчитанного НИО Минобороны России прогнозного значения стоимостного (временного) параметра, но не приводящее к попаданию значения ТЭИД в области №1 или №2. Вероятность наступления указанного события составляет 0,095. Порядок расчета таких ТЭИД и используемые для этого исходные данные и допущения целесообразно согласовать (уточнить) специалистам промышленности и НИО Минобороны России (попадание в области №3 и №4).

Учитывая значительные объемы финансирования, выделяемые на выполнение программных мероприятий и заданий ГОЗ, их уточнение будет способствовать повышению эффективности расходования бюджетных средств. Кроме того, обмен мнениями между специалистами

² Подольский А.Г., Просвирина Н.В. Верификация технико-экономических показателей планируемых мероприятий стадий жизненного цикла перспективных образцов техники: учебное пособие. Ставрополь: Лагос, 2019. 80 с.

промышленности и НИО Минобороны России по составу учитываемых факторов и порядку расчета стоимостных и временных параметров приведет к совершенствованию методического аппарата, применяемого организациями оборонно-промышленного комплекса, а также методического аппарата, используемого НИО Минобороны России для обоснования перспектив развития вооружения, военной и специальной техники в части касающейся.



Рисунок 1 – Области возможных значений стоимостных (временных) показателей мероприятий

Методический аппарат должен обеспечивать проведение оценки военно-экономической целесообразности расходования планируемых объемов финансовых ресурсов на реализацию мероприятий.

Необходимость оценки военно-экономической целесообразности расходования финансовых ресурсов обусловлена тем, что цена продукции (работы, услуги) имеет затратный и ценностной аспекты.

Затратный аспект заключается в том, что определение стоимостного параметра продукции военного назначения осуществляется затратным методом «исходя из состава затрат на ее поставку (включая производство) в виде суммы величин этих затрат и рентабельности (прибыли)»³. Если исходных данных недостаточно для применения затратного метода, то могут использоваться параметрические экономико-математические модели, бальный метод и др.

Ценностной аспект отражает потребительские свойства продукции. Для характеристики экономической ценности продукции (в стоимостном выражении) используется специальный показатель – верхняя лимитная цена, который характеризует максимально допустимый уровень цены, превышение которого делает расходование финансовых ресурсов нецелесообразным с военно-экономической точки зрения (по критерию «эффект-затраты»).

При этом ценностной метод ценообразования не следует противопоставлять затратному. Он выполняет вспомогательную функцию, способствуя эффективному расходованию бюджетных средств. Комплексное рассмотрение затратной и ценностной сторон в процессе формирования прогнозной цены мероприятия препятствует выделению бюджетных средств, имеющих низкий эффект и высокие затраты. Здесь под эффектом понимается ожидаемый результат в широком смысле – от выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, производства образцов с заданными характеристиками до применения образца для нанесения ущерба вероятному противнику или недопущения (минимизации) ущерба от воздействия средств поражения вероятного противника.

Для оценки верхней лимитной цены должен быть разработан специальный методический аппарат.

Методический аппарат должен обеспечить комплексность определения стоимостных и временных параметров мероприятий на всем жизненном цикле образца.

³ Постановление Правительства РФ от 02 декабря 2017 г. №1465 «О государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, а также о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

Обеспечение эффективности расходования бюджетных средств может быть достигнуто только при определении так называемых полных затрат, учитывающих затраты на реализацию жизненного цикла образца (затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, производство, капитальный ремонт, эксплуатацию и сервисное обслуживание), а также затраты на утилизацию образцов.

Учет стоимостных и временных параметров мероприятий на всем жизненном цикле образца, а также на утилизацию, позволит проводить всесторонний военно-экономический анализ, включая обоснование выбора рационального варианта достижения заданного уровня эффекта, а также продолжительности и стоимости реализации контрактов жизненного цикла.

Взаимосвязь временного параметра со стоимостным проявляется в том, что, во-первых, с течением времени происходит не только физическое, но и моральное старение образца, приводящее к снижению его потребительской ценности. Во-вторых, при формировании планового документа осуществляется распределение суммарных затрат на реализацию мероприятия по годам и проводится проверка достаточности выделяемых финансовых ресурсов на выполнение запланированных мероприятий. В-третьих, в изменении стоимости производства единичного образца при переходе от этапа освоения производства (освоения ремонтного производства) к этапу освоенного производства (освоенного ремонтного производства).

Методический аппарат должен обеспечить оценку реализуемости разработки и производства перспективных образцов.

Реализуемость является важным аспектом планового документа, так как при невыполнении запланированных мероприятий будет иметь место неэффективное расходование ресурсов – финансовых, трудовых, производственных и временных, направляемых на развитие Вооруженных Сил Российской Федерации.

При разработке планового документа реализуемость носит вероятностный характер, что обусловлено следующими причинами:

а) стоимостные и временные параметры мероприятий, определяемые с применением методического аппарата, имеют погрешности, что

приводит к возникновению рисков, связанных с недостатком финансовых ресурсов и с превышением запланированного срока реализации мероприятия;

б) на сроки и потребные затраты на выполнение мероприятий могут оказать негативное влияние ухудшение макроэкономических параметров и санкции зарубежных стран, состав и содержание которых не представляется возможным достоверно предсказать;

в) невозможно на момент формирования планового документа достоверно предсказать состояние и достаточность для выполнения мероприятия научно-технической и производственно-технологической базы организаций промышленности, являющихся потенциальными исполнителями мероприятий, в том числе требуемого количества работников, имеющих необходимую для выполнения мероприятия в запланированные сроки специализацию и квалификацию, а также достаточность научно-технического задела.

Таким образом, для мероприятий, выполнение которых требует значительных финансовых ресурсов и времени, должен быть разработан методический аппарат, позволяющий оценить следующие виды рисков:

- риск превышения планируемого объема финансирования;
- риск превышения планируемой продолжительности выполнения мероприятия;
- риск неготовности научно-технической и производственно-технологической базы головной организации и соисполнителей для выполнения мероприятия;
- риск неготовности научно-технического и производственно-технологического заделов для выполнения мероприятия.

Указанные риски могут быть оценены количественно и качественно. Для их качественной оценки используются, например, шкалы: очень незначительный, незначительный, малый, высокий, очень высокий, катастрофический.

Оценка рисков возникновения негативных событий, связанных с превышением запланированных затрат и сроков выполнения мероприятий, позволит предупредить возникновение негативных событий, заблаговременно выработать и реализовать мероприятия по их парированию.

Методический аппарат должен обеспечить определение рациональных по критерию «эффект-затраты» сроков начала и окончания жизненного цикла образца.

Образцы создаются для решения определенных задач. Среди них имеется, по крайней мере, три альтернативных образца, которые могут решать требуемые задачи. Первым из них является существующий образец, а другие два – модернизированный образец и образец нового поколения – относятся к перспективным образцам, имеющим различный уровень технического совершенства и характеризующихся различными значениями эффектов от их применения и потребных затрат на реализацию их ЖЦ.

В связи с этим возникают ситуации, когда на определенных отрезках времени для достижения заданного эффекта могут использоваться различные виды образцов. Из-за отличия в значениях характеристик альтернативных образцов и стоимостных параметров отдельных стадий их ЖЦ и утилизации полные затраты будут различаться.

Таким образом, на различных отрезках планового периода может быть выбран, по крайней мере, один из альтернативных образцов, применение которого обеспечивает достижение заданного уровня эффекта с минимальными полными затратами. Так как год начала эксплуатации образца зависит от года начала его жизненного цикла, а также от продолжительности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, то для решения важной практической задачи обеспечения минимума полных затрат необходимо решить задачу обоснования рационального года начала ЖЦ перспективного образца.

После начала ЖЦ образца он начинает конкурировать за право продолжения его ЖЦ с перспективным образцом новой разработки. Его моральное старение со временем приводит к тому, что затраты на обеспечение требуемого уровня эффекта на очередном плановом периоде с определенного момента времени начнут превышать затраты на обеспечение заданного эффекта с применением более совершенного образца новой разработки. Исходя из этого определяется рациональный год завершения ЖЦ образца, находящегося в эксплуатации, и год начала ЖЦ образца новой разработки.

Разработка методического аппарата обоснования рациональных сроков начала и окончания ЖЦ образца должна учитывать реализуемость мероприятия и обеспечивать военно-экономическую целесообразность расходования финансовых ресурсов, направляемых на выполнение мероприятия.

Приведенные требования целесообразно положить в основу управления разработкой комплексного методического обеспечения, используемого НИО Минобороны России. Его практическое применение будет способствовать повышению обоснованности прогнозных оценок стоимостных и временных параметров мероприятий и эффективности расходования бюджетных средств.

Список использованных источников

1. Буравлев А.И., Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г., Пьянков А.А. Методы военно-научных исследований систем вооружения. Военно-теоретический труд. М.: Издательство «Граница», 2017. 512 с.
2. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. М.: Издательский дом «Граница», 2005. 520 с.
3. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: Организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Издательский дом «Граница», 2008. 728 с.
4. Военно-экономический анализ / Под ред. С.Ф. Викулова. М.: Военное издательство, 2001. 350 с.
5. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 608 с.
6. Бабкин Г.В., Иванов С.В., Игнатов А.В., Ковалев В.В., Косенко А.А., Кондрачев А.Г., Лавринов Г.А., Подольский А.Г., Стифеев А.Л. Оборонно-промышленный комплекс Российской Федерации: приоритетные направления, организационно-экономические механизмы и методическое обеспечение инновационного развития: монография / Под ред. Г.А. Лавринова. М.: Издательский дом «Граница», 2019. 376 с.
7. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. К вопросу о военно-экономической эффективности использования финансовых ресурсов при планировании создания продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2012. №2(18). С. 38-52.
8. Лавринов Г.А., Подольский А.Г., Кривоносов Д.М. Структура экономико-математической модели определения рациональных сроков начала и окончания жизненного цикла высокотехнологичных образцов // Известия РАН. 2020. №3(113). С. 9-17.
9. Афанасьев А.С., Вященко Ю.Л., Иванов К.М. Информационно-системная методология управления рисками при обеспечении контракта жизненного цикла изделий военного назначения // Известия РАН. 2020. № 3 (113). С. 32-38.
10. Дубовский В.А., Курбанов А.Х., Плотников В.А. Сетевая модель планирования и управления процессами жизненного цикла вооружения и военной техники: процедура построения и реализации // Известия РАН. 2020. № 3 (113). С. 39-45.

А.И. БУРАВЛЕВ, доктор
технических наук, профессор

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В статье рассмотрена задача линейного программирования с несколькими переменными и единственным функциональным ограничением. Такая модель используется в ряде прикладных оптимизационных задач (о рюкзаке, портфеле инвестиций, потребительской корзине и т.д.). Оптимальное решение такой задачи содержит ненулевое значение только одной переменной, что не всегда удовлетворяет потребностям практики. В статье рассмотрен подход получения условно оптимального решения для нескольких переменных на основании оценки их приоритетов по соотношению градиентов целевых функций. Показано, что, безусловно, оптимальное решение является предельным для условно оптимального решения при абсолютном приоритете одной переменной. Данный подход применен также для решения вероятностной задачи планирования, когда коэффициенты целевых функций являются случайными величинами с известным математическим ожиданием и дисперсией.

Ключевые слова: задача линейного программирования с одним функциональным ограничением, оптимальное и условно оптимальное решения, градиенты целевых функций и метод оценки их приоритетов, алгоритм получения условно оптимального решения.

В практических задачах часто возникает задача планирования, которая формулируется следующим образом. Имеется набор n продуктов, для производства которых требуются определенные затраты ресурсов c_i , а реализация их на рынке приносит доход p_i , ($i = \overline{1, n}$) от единицы продукта. Требуется определить объем производства этих продуктов $x_i \geq 0$, обеспечивающий минимум суммарных издержек для получения заданного дохода $P_{\text{зад}}$:

$$\begin{aligned} C(x) &= \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min_{x_i}; \\ P(x) &= \sum_{i=1}^n p_i x_i \geq P_{\text{зад}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $x = (x_i, i = \overline{1, n})$ – вектор численностей производимых продуктов.

Это простейшая задача линейного программирования, в которой имеется только одно ограничение, связывающее переменные задачи.

К такого рода задаче относятся задачи «о рюкзаке», «потребительской корзине», «портфеле инвестиций» и т.д. [1-3]. Такая же задача возникает на этапе предварительного планирования производства, когда еще не известны какие-либо другие ограничения.

1. Оптимальное решение задачи

В соответствии с теорией линейного программирования решение задачи (1) имеет следующий вид [1; 2]:

$$x_i^* = \begin{cases} \frac{P_{зад}}{p_i}, & \frac{p_i}{c_i} = \max_{j=1,m} \left(\frac{p_j}{c_j} \right) \\ 0, & \frac{p_i}{c_i} < \max_{j=1,m} \left(\frac{p_j}{c_j} \right) \end{cases}, \quad (2)$$

т.е. в перечень продуктов для производства включается только один продукт с максимальным отношением «доход – затраты».

Это решение достаточно просто получается для случая двух видов продуктов ($n = 2$). Целевая функция и функциональное ограничение в этом случае имеют вид:

$$C(x) = c_1 x_1 + c_2 x_2 \rightarrow \min_{x_1, x_2},$$

$$P(x) = p_1 x_1 + p_2 x_2 \geq P_{зад}.$$

Выразим из второго неравенства переменную $x_1 \geq \frac{P_{зад}}{p_1} - \frac{p_2}{p_1} x_2$ и подставим ее в целевую функцию

$$C(x) = c_1 x_1 + c_2 x_2 = \frac{c_1}{p_1} P_{зад} + \left(c_2 - \frac{c_1 p_2}{p_1} \right) x_2$$

Из полученного выражения видно, что если $c_2 p_1 > c_1 p_2$ или $\frac{p_1}{c_1} > \frac{p_2}{c_2}$, то минимум $C(x)$ достигается при $x_2 = 0$, $x_1 = \frac{P_{зад}}{p_1}$ и составляет

$$C(x^*) = \sum_{i=1}^n c_i x_i^* = \frac{c_1}{p_1} P_{зад} = \frac{P_{зад}}{\max_{j=1,m} \left[\frac{p_j}{c_j} \right]}. \quad (3)$$

Поменяв местами переменные x_1, x_2 , получаем тот же результат.

Методом индукции можно получить решение (2) для числа переменных $n > 2$.

Для обратной задачи:

$$\begin{aligned} P(x) &= \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \max_{i=1,m}; \\ C(x) &= \sum_{i=1}^n c_i x_i \leq C_{\text{зад}} \end{aligned} \quad (4)$$

оптимальное решение имеет вид

$$x_i^* = \begin{cases} \frac{C_{\text{зад}}}{c_i}, & \frac{p_i}{c_i} = \max_{j=1,m} \left(\frac{p_j}{c_j} \right) \\ 0, & \frac{p_i}{c_i} < \max_{j=1,m} \left(\frac{p_j}{c_j} \right) \end{cases} \quad (5)$$

и его можно получить, проведя аналогичные выше рассуждения.

Для $n = 2$ задача оптимизации имеет вид:

$$\begin{aligned} P(x) &= p_1 x_1 + p_2 x_2 \rightarrow \max_{x_1, x_2}, \\ C(x) &= c_1 x_1 + c_2 x_2 \leq C_{\text{зад}}. \end{aligned}$$

Выразим из второго неравенства переменную $x_1 \leq \frac{C_{\text{зад}}}{c_1} - \frac{c_2}{c_1} x_2$ и подставим ее в целевую функцию

$$P(x) = p_1 x_1 + p_2 x_2 = \frac{p_1}{c_1} C_{\text{зад}} + \left(p_2 - \frac{c_2 p_1}{c_1} \right) x_2.$$

Если $c_1 p_2 < c_2 p_1$ или $\frac{p_1}{c_1} > \frac{p_2}{c_2}$, то целевая функция достигает максимума при $x_2 = 0$, $x_1 = \frac{C_{\text{зад}}}{c_1}$ и составляет

$$P(x^*) = \sum_{i=1}^n p_i x_i^* = \frac{p_1}{c_1} C_{\text{зад}} = P_{\text{зад}} \max_{j=1,m} \left[\frac{p_j}{c_j} \right]. \quad (6)$$

Следует заметить, что отношение $\frac{p_1}{c_1} = \frac{\frac{\partial P}{\partial x_1}}{\frac{\partial C}{\partial x_1}} = g_1$ есть отношение

компонент градиентов функции дохода $P(x)$ и затрат $C(x)$, которое характеризует величину получаемой доходности от реализации продукта на единицу производственных затрат, т.е. является показателем экономической *эффективности* продукта.

Решения прямой и обратной задачи планирования совпадают или находятся в пропорциональной зависимости, когда выполняется следующее соотношение:

$$\frac{P_{\text{зад}}}{C_{\text{зад}}} = k \max \left(\frac{p_i}{c_i} \right); k > 1. \quad (7)$$

2. Условно оптимальные решения задачи

На практике оптимальное решение задачи планирования, в котором используется только один продукт, может оказаться не всегда приемлемым. Например, в какой-то момент времени может уменьшиться спрос на данный продукт и его производство в таких объемах окажется нерентабельным. В этом случае нужно переходить к производству другого вида продукта, что приведет к росту издержек, либо просто будет невозможным по производственно-технологическим или финансовым возможностям производителя.

В этом случае более рациональным является производство не одного, а нескольких видов продуктов в рамках производственно-технологических возможностей. При этом возникает задача об оптимизации некоторого набора $m < n$ продуктов, удовлетворяющих требованиям задачи (1) или (4). Такие задачи известны как задачи о «рюкзаке», «потребительской корзине», «портфеле инвестиций» и пр. [1-3].

Рассмотрим следующий вариант решения исходной задачи.

Объем производства каждого вида продукта будем определять пропорционально его эффективности от максимально возможного объема его производства, который определяется величиной $\frac{P_{зад}}{p_i}$ для прямой задачи и величиной $\frac{C_{зад}}{c_i}$ для обратной задачи.

В силу линейности задачи затраты на производство любого типа продукта будут пропорциональны ожидаемому доходу

$C_i = c_i x_i^* = \lambda P_{зад}$,
откуда следует потребный объем продукции

$$x_i^* = \lambda \frac{P_{зад}}{c_i}; (i = \overline{1, m}), \quad (8)$$

где $\lambda > 0$ – нормирующий множитель.

Его мы находим из ограничения $P(x) = \sum_{i=1}^m p_i x_i^* = P_{зад}$:

$$\lambda = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{p_i}{c_i}}.$$

В результате потребный объем производства x_i^* будет определяться следующим выражением:

$$x_i^* = \frac{P_{зад}}{c_i \sum_{i=1}^m \frac{p_i}{c_i}} = \alpha_i \frac{P_{зад}}{p_i}. \quad (9)$$

Здесь $\alpha_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^m p_i}$ – коэффициент, характеризующий долю i -го про-

дукта от максимально допустимого его объема $\frac{P_{зад}}{p_i}$. Величина этой доли будет тем больше, чем выше эффективность продукта $g_i = \frac{p_i}{c_i}$. Таким образом, показатель α задает приоритет объемов производства продукции для заданной номенклатуры.

Выражение (9) отражает принцип *пропорционального* распределения, широко применяемого в теории и практике управления организационными системами [3].

При подстановке величины x_i^* в функцию затрат для прямой задачи получаем выражение:

$$C(x) = \sum_{i=1}^m c_i x_i^* = \frac{m P_{зад}}{\sum_{i=1}^m g_i}. \quad (10)$$

Покажем, что распределение объемов производства (9) обеспечивает минимальную сумму издержек при заданных долевых коэффициентах α_i , ($i = \overline{1, m}$) продуктов в наборе. Предположим, что относительные долевые объемы образуют следующую последовательность приоритетов производства продукции:

$$\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_m; \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1. \quad (11)$$

Изменим произвольным образом объемы первого и последнего продукта, уменьшив объем первого и увеличив объем последнего продукта на величину $\delta > 0$, оставив объемы остальных продуктов без изменения:

$$\alpha'_1 = \alpha_1 - \delta; \alpha'_i = \alpha_i; \alpha'_m = \alpha_m + \delta.$$

При таком изменении долевых коэффициентов условие их нормировки не нарушается. Найдем суммарные затраты для новых объемов продуктов

$$C(x) = \sum_{i=1}^m c_i x_i^* = P_{зад} \sum_{i=1}^m \frac{\alpha'_i}{g_i}$$

и сравним их с выражением (9). Для оптимального распределения должно выполняться

$$\frac{m}{\sum_{i=1}^m g_i} < \sum_{i=1}^m \frac{\alpha'_i}{g_i}. \quad (12)$$

Преобразуем это неравенство к виду:

$$m < \sum_{i=1}^m \left(\frac{\alpha'_i \sum_{i=1}^m g_i}{g_i} \right) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\alpha'_i}{\alpha_i} \right) = m + \delta \left(\frac{1}{\alpha_m} - \frac{1}{\alpha_1} \right).$$

По предположению $\alpha_1 \geq \alpha_m$. Тогда $\frac{1}{\alpha_m} \geq \frac{1}{\alpha_1}$, откуда следует справедливость неравенства (12). Рассмотрев любые пары долевых показателей продуктов из набора m , приходим к такому же результату.

Изменим последовательность приоритетов в (11) на противоположную

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_m ; \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1 \quad (13)$$

и положим $\alpha'_1 = \alpha_1 + \delta$; $\alpha'_i = \alpha_i$; $\alpha'_m = \alpha_m - \delta$.

Проверим выполнение неравенства (12):

$$m < \sum_{i=1}^m \left(\frac{\alpha'_i \sum_{i=1}^m g_i}{g_i} \right) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\alpha'_i}{\alpha_i} \right) = m + \delta \left(\frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_m} \right).$$

Поскольку $\alpha_1 \leq \alpha_m$, то $\frac{1}{\alpha_1} \geq \frac{1}{\alpha_m}$ и неравенство (12) также выполняется.

Таким образом, распределение объемов производства продуктов по критерию их доходности (9), обеспечивает минимальную сумму издержек, что дает право назвать такое распределение *условно* оптимальным. При этом оптимальное распределение (2) можно называть *безусловно* оптимальным распределением.

Сравнение выражения для функции затрат (10) с выражением (3) для безусловного оптимального решения показывает их структурную идентичность. Поскольку $\max_{i=1,n} (g_i) \geq \frac{\sum_{i=1}^m g_i}{m}$, то суммарная стоимость издержек для условно оптимального распределения (10) будет выше, чем для безусловного оптимального распределения, что отвечает принципу оптимальности.

Однако у распределения (9) имеется одно преимущество – оно позволяет последовательно включать в план производства продукты пропорционально их коэффициенту вклада (приоритету) α_i с учетом возможных изменений себестоимости, цены продаж и требуемых значений рентабельности производства, что делает план производства более гибким и адаптируемым к изменениям рыночной конъюнктуры.

Для обратной задачи используем по аналогии с (9) следующее распределение объемов производства продукции:

$$x_i^* = \alpha_i \frac{C_{зад}}{c_i}, \quad (14)$$

которое удовлетворяет ограничению $C(x^*) = \sum_{i=1}^m c_i x_i^* = C_{зад}$ и обеспечивает максимальное значение дохода

$$P(\alpha) = \sum_{i=1}^m p_i x_i^* = \sum_{i=1}^m \frac{p_i}{c_i} \alpha_i C_{зад} \rightarrow \max_{\alpha_i} \quad (15)$$

Покажем это, для чего найдем величину дохода при изменении показателей α_i согласно схеме (11) и сравним его с выражением (15):

$$\Delta P = P(\alpha') - P(\alpha) = \sum_{i=1}^m \frac{p_i}{c_i} (\alpha'_i - \alpha_i) C_{зад} = C_{зад} \left(\frac{p_1}{c_1} - \frac{p_m}{c_m} \right) \delta.$$

Поскольку $\alpha_1 \leq \alpha_m$, то $\frac{p_1}{c_1} \leq \frac{p_m}{c_m}$ и значит $\Delta P \leq 0$. Аналогичный результат получим и для схемы (13).

Покажем далее, что условно оптимальное решение (9) при неограниченном росте доходности одного из продуктов приводит к сходимости к безусловно оптимальному решению (2) или (4).

Выделим из набора продуктов продукт с максимальной доходностью:

$$i = \arg \left\{ \max_{j=1, m} g_j \right\}$$

и рассмотрим выражение для долевого коэффициента объема производства продукции

$$\alpha_j = \frac{g_j}{g_{\max i} \left(1 + \sum_{j=1}^{m-1} \frac{g_j}{g_{\max i}} \right)}; \quad (j = \overline{1, m-1}).$$

Нетрудно увидеть, что при неограниченном возрастании $g_{\max i}$ отношение $\frac{g_j}{g_{\max i}}$ стремится к нулю, а коэффициент $\alpha_i \rightarrow 1$. В результате приходим к безусловно оптимальному распределению продуктов (2) или (4).

Таким образом, условно оптимальное распределение (9), (14) позволяет получать широкий спектр распределений продуктов вплоть до безусловно оптимального.

Дополнительным требованием к рассмотренной выше задаче может выступать наличие в плане производства (в рюкзаке, потребительской корзине, портфеле инвестиций) минимально необходимого объема некоторых продуктов:

$$x_s \geq b_s; \quad x_r \geq b_r; \quad \dots; \quad x_l \geq b_l, \quad (16)$$

где b_s, b_r, \dots, b_l – минимально необходимые объемы продуктов s, r, \dots, l -го типов.

В этом случае оптимальным планом для прямой задачи будет включение указанных продуктов в требуемых объемах b_s, b_r, \dots, b_l , расчет величины получаемого дохода [2]

$$P(b_s, b_r, \dots, b_l) = p_s b_s + p_r b_r + \dots + p_l b_l$$

и ожидаемого остатка $\Delta P = P_{зад} - P(b_s, b_r, \dots, b_l)$.

По величине остатка далее рассчитываются объемы производства остальных типов продуктов с использованием формулы (9).

В обратной задаче для минимально необходимого объема заданных продуктов рассчитываются издержки

$$C(b_s, b_r, \dots, b_l) = c_s b_s + c_r b_r + \dots + c_l b_l$$

и остаток бюджета $\Delta C = C_{зад} - C(b_s, b_r, \dots, b_l)$.

По остатку бюджета далее с использованием формулы (14) рассчитываются объемы производства для остальных продуктов.

3. Условно оптимальное решение задачи при случайной доходности продукции и издержках ее производства

В практических задачах показатели доходности продукции p_i и издержки производства c_i могут претерпевать случайные изменения вследствие колебания цен и спроса на продукцию, производственных и непроизводственных затрат, влияющих на себестоимость продукции. В этом случае при формировании плана производства необходимо учитывать не только величину ожидаемой доходности, но и возможность ее получения.

С учетом сказанного прямая задача состоит в минимизации средних затрат

$$\bar{C}(x) = \sum_{i=1}^m \bar{c}_i x_i \rightarrow \min_{x_i}$$

при вероятности получения дохода не менее $P_{зад}$ с вероятностью d

$$Pr(P(x) \geq P_{зад}) = d^1, \quad (17)$$

а в обратной задаче – максимизации среднего дохода

$$\bar{P}(x) = \sum_{i=1}^m \bar{p}_i x_i \rightarrow \max_{x_i}$$

при затратах, не превышающих установленный бюджет с заданной вероятностью

$$Pr(C(x) \leq C_{зад}) = d. \quad (18)$$

Рассмотрим методику решения прямой задачи в предположении, что случайные изменения показателей доходности независимы и харак-

¹ Здесь символ Pr означает вероятность (probability – *англ.*) некоторого события.

теризуются своими средними значениями \bar{p}_i и средними квадратическими отклонениями (СКО) σ_{p_i} . Сделаем предположение о приближенном нормальном распределении случайного отклонения суммарной доходности продуктов от своего среднего значения. Данное предположение основано на известных теоремах теории вероятностей о распределении сумм независимых случайных величин².

При сделанном выше допущении вероятность выполнения условия (17) определяется по следующей формуле:

$$d = 1 - \Phi\left(\frac{P_{зад} - \bar{P}}{\sigma_P}\right), \quad (19)$$

где $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$ – функция нормального распределения вероятностей; $\sigma_P = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_{p_i}^2 x_i^2}$ – СКО суммарной доходности продукции.

Обозначим $z_{1-d} = \Phi^{-1}(1-d)$ – квантиль функции нормального распределения на уровне d . Из равенства $\frac{P_{зад} - \bar{P}}{\sigma_P} = z_{1-d}$ получаем уравнение, связывающее заданный уровень доходности с его наиболее вероятным значением, полученным из условия (17):

$$P_{зад} = \bar{P}(x^*) + z_{1-d} \sigma_P(x^*). \quad (20)$$

Для нахождения вероятностной оценки переменной x_i^* , ($i = \overline{1, m}$) необходимо совместное решение уравнений (9), (20), которое реализуется итерационным алгоритмом следующего вида:

$$x_i^*(\tau) = x_i^*(\tau - 1) + \varepsilon \alpha_i \frac{[P_{зад} - \bar{P}(x^*(\tau-1)) + z_{1-d} \sigma_P(x^*(\tau-1))]}{\bar{p}_i}, \quad (21)$$

где τ – шаг итерации; $0 < \varepsilon < 1$ – параметр, регулирующий скорость сходимости алгоритма; $\alpha_i = \frac{\bar{p}_i c_i}{\sum_{i=1}^m \bar{p}_i c_i}$ – долевой коэффициент распределения объема продукции.

Для обратной задачи вероятность выполнения бюджетного ограничения (18) определяется выражением:

$$d = \Phi\left(\frac{C_{зад} - \bar{C}}{\sigma_C}\right).$$

² Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: учебник. Изд. 8 доп. М.: Едиториал УРСС, 2005. 448 с.

Отсюда получаем выражение для величины бюджетного ограничения:

$$C_{зад} = \bar{C}(x^*) + z_d \sigma_C(x^*). \quad (22)$$

Решение обратной задачи, как и прямой, осуществляется с использованием итерационного алгоритма:

$$x_i^*(\tau) = x_i^*(\tau - 1) + \varepsilon \alpha_i \frac{[C_{зад} - \bar{C}(x^*(\tau-1)) + z_{1-d} \sigma_C(x^*(\tau-1))]}{\bar{c}_i}. \quad (23)$$

Рассмотрим следующий иллюстративный пример. В таблице 1 заданы основные характеристики трех видов продукции.

Таблица 1 – Основные характеристики трех видов продукции

Виды продуктов	1	2	3
Средняя доходность продукта p , у.е.	1,8	1,1	1,5
СКО доходности продукта σ_p , у.е.	0,5	0,2	0,3
Стоимость затрат на производство единицы продукта c , у.е.	1,95	1,5	2,52
СКО стоимости затрат на производство единицы продукта σ_c	0,2	0,3	0,5
Показатель эффективности продукта $g = \frac{p}{c}$	0,92	0,73	0,60
Долевой коэффициент объема производства продукта α	0,41	0,33	0,26

Для надежности выполнения ограничений $d = 0,9$ получены следующие распределения оптимальных объемов продукции:

а) для прямой задачи $P_{зад} = 120$ ед.; $z_{1-d} = 0,54$

- при детерминированной доходности

$x_1^* = 27$; $x_2^* = 35$; $x_3^* = 21$ ед.; $x^* = x_1^* + x_2^* + x_3^* = 83$ ед.; $C(x^*) = 175,7$ ед.

- при случайной доходности

$x_1^* = 25$; $x_2^* = 33$; $x_3^* = 20$ ед.; $x^* = x_1^* + x_2^* + x_3^* = 80$ ед.; $C(x^*) = 163,3$ ед.

б) для обратной задачи $C_{зад} = 175,7$ у.е.; $z_d = 1,29$

- при детерминированных затратах

$x_1^* = 34$; $x_2^* = 33$; $x_3^* = 18$ ед.; $x^* = x_1^* + x_2^* + x_3^* = 85$ ед.; $P(x^*) = 124,3$ ед.

- при случайных затратах

$x_1^* = 33$; $x_2^* = 34$; $x_3^* = 17$ ед.; $x^* = x_1^* + x_2^* + x_3^* = 84$ ед.; $P(x^*) = 123,6$ ед.

Из приведенных расчетов видно, что учет случайных изменений коэффициентов целевых функций приводит к некоторому уменьшению объемов производства продукции. Это уменьшение тем больше, чем больше СКО случайных колебаний доходности и себестоимости продукции.

На рисунке 1 приведены графики, отражающие динамику итерационного процесса поиска решения.

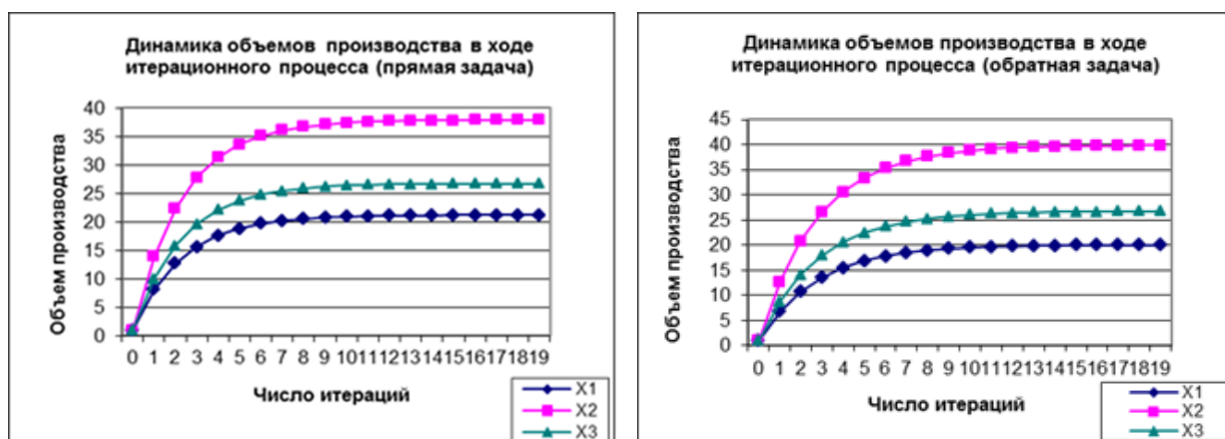


Рисунок 1 – Динамика объемов производства в ходе итерационного процесса (прямая и обратная задачи)

Как видно из рисунка 1, алгоритм обеспечивает достаточно быструю сходимость итерационного процесса к стационарному решению. Достоинством данного алгоритма является простота его численной реализации.

Рассмотренная задача линейного программирования и методика ее решения могут быть использованы в задачах планирования производства товарной продукции в условиях неопределенности о динамике изменений ее себестоимости, цены и объемов продаж и возникающих при этом дополнительных ограничений.

Список использованных источников

1. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Линейное программирование. М.: Наука, 1969. 528 с.
2. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях / Пер. с англ. М.: Мир, 1974. 513 с.
3. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Физматлит, 2007. 583 с.
4. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1980. 518 с.
5. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования. М.: Наука, 1976. 237 с.

УДК 793.620.179

Г.Н. ЧЕРНЫШЕВА, кандидат
экономических наук, доцент
М.В. КИЛЬДЮШЕВСКИЙ, кандидат
экономических наук, доцент

ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СИСТЕМЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассмотрена специфика военно-экономического анализа в системе мероприятий по обеспечению национальной безопасности. Представлен авторский подход к оценке военно-экономической эффективности мероприятий в зависимости от возможностей количественной оценки их результатов. Сформирована методика ранжирования вариантов развития военной техники для определения приоритетов в их реализации, предусматривающая два этапа: анализ военно-экономической эффективности для отбора финансово состоятельных проектов совершенствования военной техники и анализ изменений в боевой конкурентоспособности. Материал представляет интерес как для разработчиков новой военной техники или ее модернизации, так и для обоснования целесообразности любых мероприятий в военной сфере.

Ключевые слова: военно-экономический анализ; эффективность; боевая конкурентоспособность; ранжирование.

Обеспечение национальной безопасности охватывает комплекс мероприятий, затрагивающих организационные, технические, управленческие аспекты деятельности Вооруженных Сил [1; 3].

В любом государстве, и, в частности, в Российской Федерации, финансовые средства на оборону ограничены, поэтому возникают проблемы выбора:

- какие мероприятия реализовывать в первую очередь;
- каким способом реализовывать мероприятия.

Решение указанных проблем осуществляется проведением военно-экономического анализа, который выступает как главная, определяющая составляющая процесса принятия решения на любом уровне экономики.

Первая проблема может быть решена военно-экономической оценкой приоритетности мероприятий, то есть ранжированием мероприятий по целесообразности.

Основания в выборе целесообразности мероприятий при их ранжировании могут быть следующие:

1) время проведения мероприятия. По данному критерию выбираются мероприятия, необходимые для устранения угроз со стороны потенциальных противников по времени их реализации;

2) эффективность проведения мероприятия. По данному критерию выбираются мероприятия, реализация которых имеет важное (ключевое) значение для обеспечения обороноспособности государства.

При выборе целесообразности мероприятий в условиях ограниченной информации достаточно часто применяется метод экспертных оценок.

Из ведущих специалистов, имеющих большой опыт работы в области проведения исследуемых мероприятий, формируется экспертная группа. В индивидуальном порядке каждый эксперт определяет порядок реализации мероприятий. При условии согласованности мнений экспертов, ранжирование мероприятий проводится по показателю суммы баллов, которые дали все эксперты оцениваемому мероприятию. Степень согласованности мнений экспертов определяется с помощью математических методов ранговой корреляции, например, с применением коэффициента конкордации $K_{\text{кон}}$:

$$K_{\text{кон}} = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot n \cdot (n^2 - 1)}, \quad (1)$$

где S – сумма квадратов разностей между индивидуальными значениями оценок и средним значением; m – количество экспертов; n – количество оцениваемых факторов.

Чем ближе значение коэффициента конкордации к 1, тем выше будет степень неслучайной согласованности.

В том случае, если мероприятие направлено на усовершенствование военной или специальной техники (инвестиционный проект создания новой или модернизация существующей военной техники), ранжирование мероприятий возможно в два этапа:

1 этап. Отбор проектов по финансовой осуществимости на основе критерия экономического эффекта.

2 этап. Из тех проектов, которые соответствуют критерию финансовой состоятельности, производится отбор по критерию боевой целесообразности.

Методически оценка финансовой осуществимости (экономической эффективности) любого проекта осуществляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденными Минэкономки России, Минфином России, Государственным комитетом России по строительству, архитектурной и жилищной политике 21 июня 1999 г. № ВК477 с использованием абсолютных, относительных и временных показателей экономической эффективности.

При оценке экономической эффективности развития вооружения и военной техники данные рекомендации не в полной мере применимы в силу того, что они в качестве основного показателя реализации инвестиционных проектов используют прибыль. Создавая новые образцы вооружения или осуществляя модернизацию существующих, мы говорим о повышении тактико-технических характеристик, позволяющих получить превосходство при ведении боевых действий над вероятным противником. То есть под результатом понимается не доход в буквальном смысле, а боевой эффект от реализации того или иного инвестиционного проекта в военной области.

Существует еще одно затруднение, связанное с оценкой боевого эффекта, как правило, его невозможно выразить в денежном отношении. Наблюдается противоречие при проведении сравнительного анализа: затраты представляются в денежных единицах, а результат – в боевом эффекте.

Поэтому одна из задач военно-экономического анализа – это обеспечение сопоставимости результатов реализации мероприятий военной области и затрат на их осуществление.

Затраты на осуществление мероприятий, связанных с военной техникой, определяются существующими методами калькуляции, с учетом нормативно-законодательных актов, регламентирующих отдельные статьи затрат. Например, затраты на производство военной техники в рамках государственного оборонного заказа (ГОЗ) регулируются Приказом Минпромторга от 08 февраля 2019 г. № 334 «Порядок определения состава затрат, включаемых в цену продукции, поставляемой по ГОЗ».

Таблица 1 – Оценка результатов мероприятий через вектор направленности

Результат может быть измерен в денежном выражении			Результат не имеет денежного измерения		
Количественная характеристика результата мероприятия	Направленность показателя		Количественная характеристика результата мероприятия	Направленность показателя	
	увеличение	снижение		увеличение	снижение
Число циклов полезной работы для выполнения боевой задачи		+	Вероятность достижения поставленной цели, выполнения боевой задачи	+	
Время выполнения боевой задачи		+	Тактико-технические характеристики военной и специальной техники	+	
Трудозатраты на ремонт		+	Назначенный ресурс	+	
Эксплуатационные затраты		+	Межремонтный срок	+	
Продолжительность технического обслуживания или ремонта		+	Показатели боевой эффективности образцов вооружения	+	
Материальные или трудовые затраты на ремонт		+	Коэффициент технической готовности военной и специальной техники	+	
Трудозатраты на техническое обслуживание		+	Уровень технического совершенства военной и специальной техники	+	
Расход ГСМ, спецжидкостей, расходных материалов и боевых средств		+	Уровень безопасности в использовании военной и специальной техники	+	
Время принятия управленческого решения		+	Уровень надежности и безотказности	+	
Стоимость выполнения боевой задачи		+	Уровень защищенности цели	+	
Время подготовки военной техники к использованию в боевых условиях		+	Уровень эксплуатационной технологичности	+	
Стоимость проведения войскового учения		+	Уровень ремонтной технологичности	+	
Затраты на утилизацию или обеспечение экологических требований		+	Уровень боевой конкурентоспособности	+	
Время, отведенное на обучение		+	Средний балл обучающихся	+	
Число пораженных целей	+		Уровень подготовленности личного состава	+	
Размер ущерба, наносимого противнику	+		Уровень управляемости		+

Результаты мероприятий по повышению боеготовности техники и боеспособности воинских формирований авторы предлагают рассматривать исходя из возможности их денежного выражения в соответствии с набором количественных характеристик результата через вектор направленности показателя (увеличение, снижение) (таблица 1).

Например, в ходе выполнения боевой задачи авиационным комплексом при внедрении мероприятий по улучшению целенавещения на стадии поражения объекта противника можно обойтись только одним боезарядом, что в конечном счете повысит эффективность выполнения задачи в целом. В данном случае можно результат измерить в денежном отношении и вектор направленности показателя «Стоимость выполнения боевой задачи» указывает на снижение. Показатель «Уровень надежности и безотказности» относится к разделу результатов, которые не имеют денежного измерения, и показатель имеет направление на увеличение.

Раскроем содержание направлений оценки мероприятий по обеспечению национальной безопасности в зависимости от возможности измерения результата в денежном выражении.

Если результат может быть измерен в денежном выражении, то для оценки финансовой осуществимости используется общепринятая система критериев экономической эффективности [2] с использованием традиционных показателей оценки эффективности¹:

1) интегральный экономический эффект ($NPV > 0$)

$$NPV = \sum_{t=1}^T (P_t - Z_{едt} - Z_{mt}) \cdot \alpha_t, \quad (2)$$

где t – текущий период времени; T – продолжительность периода времени оценки результатов и затрат (горизонт расчета), лет; P_t – результат, получаемый в текущем периоде времени, году; $Z_{едt}$ и Z_{mt} – соответственно, единовременные и текущие инвестиционные затраты, связанные с конкретным периодом времени; α_t – коэффициент дисконтирования, учитывающий временное изменение ценности денежных средств;

2) экономическая эффективность ($\mathcal{E}_\Phi > 1$)

$$\mathcal{E}_\Phi = \frac{\sum_{t=1}^T P_t}{\sum_{t=1}^T (Z_{едt} + Z_{mt})}; \quad (3)$$

¹ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительству, архитектурной и жилищной политике 21 июня 1999 г. №ВК477.

3) срок окупаемости, показывающий, за какой период времени окупятся вложенные финансовые средства ($t_{ок}$)

$$t_{ок} = \frac{\sum_{t=1}^T 3_{едt}}{\bar{P}_t}, \quad (4)$$

где \bar{P}_t – среднегодовой результат реализации инвестиционного проекта по шагам расчета.

В случае невозможности выразить результат реализации мероприятия в денежном выражении авторы предлагают использовать в оценке экономической эффективности подходы и методики, представленные далее.

Подход №1. Косвенная оценка стоимости результата

В основе оценки результата мероприятия лежит постулат, в соответствии с которым при изменении характеристик военной техники должна изменяться и цена.

Таким образом, результат такого мероприятия можно косвенно оценить как прирост цены вследствие усовершенствования военной техники (ΔC):

$$\Delta C = C_{ус} - C_б, \quad (5)$$

где $C_{ус}$ – прогнозируемая цена после усовершенствований; $C_б$ – цена до проведения усовершенствований (базисная цена).

Прогнозный уровень цены в результате усовершенствования можно определить двумя методами:

- 1) параметрический метод;
- 2) метод регрессионного анализа.

В соответствии с *параметрическим методом* прогнозная цена ($C_{ус}$) определяется по формуле:

$$C_{ус} = C_б \sum_j \beta_j \frac{П_{усj}}{П_{бj}}, \quad (6)$$

где β_j – весовой коэффициент или коэффициент значимости влияния параметра на цену, определяется экспертным методом; $П_{усj}$, $П_{бj}$ – параметры военной техники после и до усовершенствования военной техники.

При *регрессионном методе* устанавливается зависимость между ценой военной техники и ее боевыми или эксплуатационными характеристиками, выражаемая в виде математической формулы (уравнения регрессии):

$$C_{yc} = f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_i), \quad (7)$$

где $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i$ – параметры (показатели) боевых или эксплуатационных характеристик.

Подход №2. Сравнение стоимости достижения поставленной цели (выполнения боевой задачи)

Экономический эффект ($\Delta Э$) может быть рассчитан как разность в стоимости выполнения фиксированной задачи существующим, т.е. базовым способом (C_c), и улучшенным после внедрения мероприятия, разрабатываемого в инвестиционном проекте (C_y):

$$\Delta Э = C_c - C_y. \quad (8)$$

Если в результате расчетов получится, что $\Delta Э$ существенно больше нуля, то усовершенствование целесообразно, следовательно, данный инвестиционный проект эффективен.

Для практического использования данный подход методически реализуют через формулу [9]:

$$\Delta Э = C_c n_c - C_y n_y, \quad (9)$$

где C_c, C_y – стоимость единичного цикла полезной работы существующим и улучшенным способами выполнения фиксированной задачи соответственно; n_c, n_y – количество циклов полезной работы, необходимых для выполнения поставленной боевой задачи соответственно существующим и улучшенным способом.

Подход №3. На основе взаимосвязи факторов времени и экономии затрат

Результатом мероприятий, оценка экономической эффективности которых проводится в соответствии с методикой данного варианта, является изменение срока службы (ресурса) или межремонтного периода в использовании военной техники.

Экономический эффект таких мероприятий может быть обусловлен двумя составляющими:

1) *Увеличением периода эксплуатации, и следовательно, снижением затрат на выполнение работ, связанных с ремонтом АТ.*

Экономический эффект в этом случае образуется за счет снижения затрат на ремонт военной техники, рассчитывается на основе оценки экономии по всем составляющим затрат на ремонт, транспортировку и на демонтажно-монтажные работы.

2) *Повышением уровня боеготовности.*

Эффект от повышения боеготовности можно оценить как возможный размер сокращения закупки новой военной или специальной техники (или поступления ее из других источников) для замещения простаивающей военной техники в неисправном состоянии из-за относительного снижения времени (по отношению к времени эксплуатации) нахождения военной техники в неисправном состоянии.

Такой подход был предложен для оценки военно-экономической эффективности мероприятий, направленных на увеличение межремонтного срока службы (ресурса) планера и основных агрегатов в процессе эксплуатации вертолетов армейской авиации Ми-8, Ми-24 и Ми-26 [4; 10], и вполне, по мнению авторов, может быть использован для прочих видов военной и специальной техники.

Подход №4. На основе показателей относительного опережения скорости изменения результата над затратами

Военно-экономическая эффективность мероприятия ($\mathcal{E}\phi$) оценивается по формулам:

$$\frac{P_H}{Z_{MH}} - \frac{P_C}{Z_{MC}} \geq 0, \mathcal{E}\phi = \frac{\Delta P}{\Delta Z_M} \geq 1, \quad (10)$$

где ΔP – темп прироста показателя результата, %; ΔZ_M – темп прироста показателя затрат, связанных с достижением результата, %.

$$\Delta P = \frac{P_H - P_C}{P_C} \cdot 100; \Delta Z_M = \frac{Z_{доп}}{Z_{MC}} \cdot 100, \quad (11)$$

где P_H – результат, получаемый после реализации мероприятия; P_C – результат, который имел место до реализации мероприятия; Z_{MH} , Z_{MC} – соответственно затраты на получение результата после и до реализации мероприятия.

Различие между затратами Z_{MH} и Z_{MC} связано с дополнительными затратами на разработку и реализацию мероприятия:

$$Z_{MH} = Z_{MC} + Z_{доп}, \quad (12)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительные затраты, связанные с разработкой и реализацией мероприятия.

Остановимся еще на одном аспекте военно-экономического анализа системы мероприятий по обеспечению национальной безопасности в части развития вооружения и военной техники. Анализ различных показателей, в частности, боевых авиационных комплексов, способных на десятилетия опередить аналогичные образцы вооружения вероятного противника, становится мотивом разрабатываемых программ вооружения. Для анализа все чаще используется такой показатель как конкурентоспособность, к структурным составляющим можно отнести экономическую, техническую, коммерческую, юридическую и другие. Из числа других составляющих авторы относят боевую конкурентоспособность, понятие которой все чаще встречается в литературе [5-7].

Под боевой конкурентоспособностью следует понимать уровень преимуществ оцениваемой военной техники в сравнении с техникой потенциальных противников [5].

Для оценки боевой конкурентоспособности можно использовать подходы к оценке технического уровня, предложенные В.М. Буренком [4, С. 222-223], с использованием показателей технического совершенства [5; 6; 8].

Показатель боевой конкурентоспособности рассчитывается по формуле:

$$K_6 = \frac{T_{оци}}{T_{max}}, \quad (13)$$

где $T_{оци}$ – технический уровень оцениваемого образца военной техники; T_{max} – технический уровень лучшего образца военной техники.

$$T_{оци} = \sum (x_{ij})^2 \cdot \beta_j, \quad (14)$$

где x_{ij} – рейтинговая оценка индивидуальных показателей технического совершенства; β_j – коэффициент весомости (значимости) индивидуального показателя технического совершенства в оценке технического уровня образца военной техники.

Рейтинговые оценки индивидуальных показателей технического совершенства могут быть рассчитаны с применением метода евклидовых расстояний по формуле:

$$x_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\max_i \alpha_{ij}}, \quad (15)$$

где α_{ij} – i -й индивидуальный показатель технического совершенства j -го образца военной техники.

При оценке боевой конкурентоспособности участвуют как отечественные, так и образцы военной техники потенциальных противников.

Решение второй проблемы, связанной с выбором способа реализации мероприятия, возможно на основе сравнительной оценки военно-экономической эффективности².

Основными критериями такой оценки могут быть:

- боевая эффективность (W);
- затраты на осуществление мероприятия (Z);
- продолжительность осуществления мероприятия (T).

Как правило, для выбора способа проведения мероприятия чаще всего используются составные критерии, при которых часть критериев переводится в ограничения. Возможны следующие варианты составных критериев:

1) достижение максимальной боевой эффективности (W) при заданных ограничениях стоимости (Z) и времени (T);

2) достижение минимальных затрат (Z) при условии обеспечения заданной боевой эффективности (W) и в сроки, не превышающие определенное время (T);

3) оптимизация времени на проведение мероприятия (T), обеспечивающего заданную величину боевой эффективности (W) при ограниченных финансовых ресурсах (Z).

В случае, когда нет возможности задать предельные значения боевой эффективности и затрат на проведение мероприятия, можно использовать дробный критерий, показывающий величину боевой эффективности, приходящейся на 1 рубль произведенных затрат $\frac{W}{Z} \rightarrow \max$.

Таким образом, военно-экономический анализ позволяет решать проблемы выбора и обоснования целесообразности мероприятий, направленных на обеспечение национальной безопасности.

Список использованных источников

1. Викулов С.Ф., Трофимец В.Я. Оценка военно-экономической эффективности военного строительства // Вооружение и экономика. 2009. №1(5). С. 116-126.
2. Аврашков Л.Я., Графова Г.Ф. Критерии и показатели эффективности инвестиционных проектов // Аудитор. 2003. №7. С. 38-43.

² Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций: учебник. М.: Военное издательство, 1987. 441 с.

3. Викулов С.Ф., Хрусталеv Е.Ю. Методология оценки экономической эффективности мероприятий по повышению военной безопасности государства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. Т.10. №2(239). С. 2-11.

4. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. М.: Издательский дом «Граница», 2005. 520 с.

5. Сафин А.М., Чернышева Г.Н. Подходы к военно-экономическому обоснованию направлений совершенствования боевой авиационной техники // Военная мысль. 2018. №12. С. 33-43.

6. Чернышева Г.Н., Чижов И.А. Анализ уровня прогрессивности технических решений в развитии десантно-транспортных вертолетов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. №13. С. 187-198.

7. Бобков А.А., Чернышева Г.Н. Факторы оценки конкурентоспособности боевой авиационной техники // Территория науки. 2016. №6. С. 57-61.

8. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 304 с.

9. Сысков Л.В. Оценка военно-экономической эффективности модернизации авиационной техники // Вооружение и экономика. 2009. №4(8). С. 59-63.

10. Князьнеделин Р.А. Специфика оценки эффективности в оборонно-промышленном комплексе // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2020. №2(44). С.14-18.

Аннотации и ключевые слова

Abstracts and key words

В.К. Абросимов

Искусственный интеллект и проблемы развития вооружения и военной техники

Множественность трактовки понятия «искусственный интеллект» привело к необходимости его осмысления для задач развития современных систем вооружений. В статье предложен общий подход поиска путей интеграции и пересечения возможностей современных ключевых технологий искусственного интеллекта и требований к созданию новых образцов вооружений. Подход демонстрируется на примере формирования облика и характеристик перспективных робототехнических систем военного назначения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; робототехническая система; вооружение; технологии; требования.

V. K. Abrosimov

Artificial Intelligence and Problems of Weapon and Military Equipment Development

There are a lot of “artificial intelligence” concept interpretation. That is why it is necessary to comprehend them for the purpose of modern weapon systems development. The article proposes a common approach to the ways of integration and intersection of modern key AI technologies capabilities and new types of weapon requirements. The approach is demonstrated through the example of the perspective military robotic system design and characteristics formation.

Key words: artificial intelligence; robotic system; weapons; technologies; requirements.

Н.Е. Пешехонов,
В.В. Рыбаков,
А.Е. Воронин**К вопросу определения оптимального режима работы кольцевых распределительных сетей систем электроснабжения**

Рассмотрены основные направления экономии электроэнергии в распределительных сетях систем электроснабжения рассредоточенных объектов. Определены оптимальные по экономии электроэнергии режимы работы сетей. Представлены пути увеличения их энергоэффективности. Показана возможность применения генетических алгоритмов для определения оптимальных точек разрыва.

Ключевые слова: потери электроэнергии; кольцевые линии; баланс мощностей; точка разрыва; генетические алгоритмы.

N. E. Peshekhonov,
V. V. Rybakov,
A. E. Voronin**On the Issue of the Ring Distribution Networks Optimal Operation Mode Definition of Dispersed Power Supply System**

The guidelines for electric energy saving in power supply dispersed networks of distributed entities systems are considered. The optimal energy saving network modes are defined. Means of their effectiveness increase are presented. The possibility of genetic algorithms usage for optimal break points determination is shown.

Key words: power losses; ring line; power balance; break point; genetic algorithms.

А.М. Козубский,
Н.А. Юрченко,
В.А. Фомин

Перспективы применения 60-мм миномётов в Вооруженных Силах Российской Федерации

Представлен обзор вопроса разработки отечественных 60-мм миномётов, а также концепция их применения в целях повышения мобильности и боеспособности Вооруженных Сил Российской Федерации.

Ключевые слова: миномет; мина; применение; армия; разработка; калибр; вооружение; мобильность; боеприпасы; конструкция.

A. M. Kozubskii,
N. A. Yurchenko,
V. A. Fomin

Prospects of the 60-mm Mortar Application in the Armed Forces of the Russian Federation

The article presents an overview of the domestic 60-mm mortar development, and its application concept in order to the Armed Forces of the Russian Federation mobility and combat effectiveness enhancement as well.

Key words: mortar; mine; application; army; development; caliber; armament; mobility; ammunition; design.

П.С. Воробьев,
А.Т. Миргалеев,
Г.С. Толстов,
С.М. Шамаев

Применение технологии распределенного реестра (блокчейн) для создания автоматизированных систем управления материальными ресурсами на этапах производства и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники

В статье изложены подходы к построению автоматизированных систем прослеживаемости цепей поставок сырья, материалов и комплектующих, а также финальных изделий вооружения, военной и специальной техники от изготовления до утилизации на основе использования технологии распределенного реестра (приватного блокчейна). Предлагаемые подходы позволяют верифицировать данные на этапе ввода в реестр, исключают потерю, неправомерные изменения данных любым участником оборота продукции. Тем самым создаются условия для повышения эффективности оперативного управления ресурсным обеспечением по таким критериям, как полнота, достоверность данных, корректность принимаемых решений, выигрыш во времени, устойчивость управления в любых условиях обстановки.

Ключевые слова: автоматизированная система; прослеживаемость; вооружение; военная и специальная техника; распределенный реестр; узлы.

P. S. Vorobyov,
A. T. Mirgaleev,
G. S. Tolstov,
S. M. Shamaev

Employment of Distributed Ledger (Blockchain) Technology Intended for Implementation of Automated Material Resource Management Systems at the Stages of Weapon, Military and Special Equipment Production and Operation

The article describes certain approaches to the automated systems construction for traceability of raw materials supply chains, materials and components, as well as final weapons, military and special equipment products from the manufacture to disposal based on the distributed ledger (private blockchain) technology employment. The proposed approaches make possible data verification at the stage to be listed, loss exception, illegal data changes made by any participant in the products turnover. In so doing conditions are created for effectiveness improvement of resource provision operational management according to such criteria as completeness, data reliability, decision correctness, saving of time, management stability in any situation.

Key words: automated system; traceability; weapon; military and special equipment; distributed ledger; nodes.

С.И. Безденежных

Оценка сходства технологий с применением техники синтаксических m-грамм

Для оценки сходства технологий предложено использовать методы теории анализа данных. На примере вычисления редакционного расстояния Хэмминга показана работоспособность выбранного подхода. В качестве меры оценки сходства технологий предложено использовать синтаксические m-граммы. Обоснован вид критерия значимости m-граммы в функции оценки.

Ключевые слова: инновации; разработка технологий; теория информации; меры сходства; m-граммы.

S. I. Bezdenezhnykh

Evaluation of the Technologies Similarity by Means of Syntactic m-Gram Techniques

It is proposed an application of the theory of data analysis methods for the technologies similarity assessment. The availability of the selected approach is sustained by the example of the Hamming distance calculating. It is proposed to use syntactic m-grams as a measure for of the technologies similarity evaluation. The type of m-gram significance criterion in the evaluation function is justified.

Key words: innovation; technology development; information theory; syntactic n-gram; similarity measures.

А.Г. Подольский

К вопросу о совершенствовании методического аппарата обоснования параметров планового документа

В статье изложены требования, которым должен удовлетворять современный научно-методический аппарат, используемый в процессе обоснования стоимостных и временных параметров мероприятий планового документа. Показано, что научно-методический аппарат должен учитывать погрешности в прогнозировании стоимостных и временных параметров мероприятий, обеспечивать комплексный учет затратного и ценностного аспектов, а также эффекта от реализации мероприятия и затрат на его выполнение.

Ключевые слова: адекватность; военно-экономическая целесообразность; жизненный цикл; мероприятие; образец; стоимостные и временные параметры.

A. G. Podolsky

On the Issue of the Methodical Apparatus Improvement Intended for the Planning Document Characteristics Validation

The article states the requirements that a modern scientific and methodical apparatus used in the process of the cost and time parameters validation of the planning document measures is to be met. It is shown that the scientific and methodical apparatus should take into account the forecast errors of the cost and time measures parameters, and provide a comprehensive account of the cost and value aspects, as well as the effect of the event and costs of its implementation.

Key words: adequacy; military-economic feasibility; life cycle; event; sample; cost and time parameters.

А.А. Мунтяну

Методика оценки технической оснащенности группировки комплексов стратегического ракетного вооружения

В статье представлены основные этапы и процедуры по оценке показателей, отражающих результаты реализации мероприятий по техническому оснащению (переснащению) группировки комплексов стратегического ракетного вооружения.

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

A. A. Muntyanu

Method of the Technical Equipment Evaluation of the Strategic Missile Systems Grouping

The article presents the main stages and indicator evaluation procedures that reflect the results of the technical equipment (re-equipment) implementation of the strategic missile system grouping.

Key words: strategic complexes; weapon samples; program event; technical equipment.

А.И. Буравлев

Об одной задаче линейного программирования

В статье рассмотрена задача линейного программирования с несколькими переменными и единственным функциональным ограничением. Такая модель используется в ряде прикладных оптимизационных задач (о рюкзаке, портфеле инвестиций, потребительской корзине и т.д.). Оптимальное решение такой задачи содержит ненулевое значение только одной переменной, что не всегда удовлетворяет потребностям практики. В статье рассмотрен подход получения условно оптимального решения для нескольких переменных на основании оценки их приоритетов по соотношению градиентов целевых функций. Показано, что, безусловно, оптимальное решение является предельным для условно оптимального решения при абсолютном приоритете одной переменной. Данный подход применен также для решения вероятностной задачи планирования, когда коэффициенты целевых функций являются случайными величинами с известным математическим ожиданием и дисперсией.

Ключевые слова: задача линейного программирования с одним функциональным ограничением; оптимальное и условно оптимальное решения; градиенты целевых функций и метод оценки их приоритетов; алгоритм получения условно оптимального решения.

A. I. Buravlev

On the Matter of a Problem of Linear Programming

The article deals with a problem of linear programming with several variables and a single functional constraint. This model is used in a number of applied optimization problems (on the matter of backpack, investment portfolio, consumer basket, etc.). The optimal solution of such a problem contains a non-zero value of only one variable, which does not always meet the needs of practice. The article considers an approach to the obtaining of a conditionally optimal solution for several variables based on their priorities evaluation by the ratio of gradients of objective functions. It is shown that, of course, the optimal solution is the limit for the conditionally optimal solution with absolute priority of one variable. This approach is also used to solve the probabilistic planning problem, when the coefficients of the objective functions are random variables with a known mathematical expectation and variance.

Key words: linear programming problem with single functional constraint; optimal and conditionally optimal solutions; gradients of objective functions and a method for their priorities evaluation; an algorithm for the conditionally optimal solution obtaining.

А.С. Гусева,
Р.А. Дурнев

Оценка живучести и эффективности беспилотных летательных аппаратов: некоторые возможности методического подхода

Выполнена априорная оценка живучести и эффективности мини-БПЛА с помощью нового методического подхода. Показана принципиальная возможность его использования для обоснования системы эшелонированной обороны от массированного нападения мини-БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; этапы применения; поражающие факторы; живучесть элементов; эшелонированная оборона.

A. S. Guseva,
R. A. Durnev

Evaluation of the Unmanned Aerial Vehicles Survivability and Effectiveness: Some Possibilities of the Methodical Approach

A priori assessment of mini-UAVs survivability and effectiveness is carried out by means of a new methodical approach. The principled possibility of its application for the purpose of mini-UAVs massive attack layered defense system substantiation is shown.

Key words: unmanned aerial vehicle; stages of application; damage factors; elements survivability; layered defense.

М.В. Кильдюшевский,
Г.Н. Чернышева

Военно-экономический анализ в системе мероприятий по обеспечению национальной безопасности

Рассмотрена специфика военно-экономического анализа в системе мероприятий по обеспечению национальной безопасности. Представлен авторский подход к оценке военно-экономической эффективности мероприятий в зависимости от возможностей количественной оценки их результатов. Сформирована методика ранжирования вариантов развития военной техники для определения приоритетов в их реализации, предусматривающая два этапа: анализ военно-экономической эффективности для отбора финансово состоятельных проектов совершенствования военной техники и анализ изменений в боевой конкурентоспособности. Материал представляет интерес как для разработчиков новой военной техники или ее модернизации, так и для обоснования целесообразности любых мероприятий в военной сфере.

Ключевые слова: военно-экономический анализ; эффективность; боевая конкурентоспособность; ранжирование.

G. N. Chernysheva,
M. V. Kildyushevsky

Military-Economic Analysis in the Measures System of the National Security Ensuring

The specifics of military-economic analysis in the measures system of the national security ensuring is considered. An authors' approach to the measure military-economic effectiveness assessment in dependence on their results quantitative estimation is introduced. A methodic for military equipment development options ranking is developed with the purpose of their implementation priorities determination. Two stages are provided: military-economic effectiveness analysis intended for the selection of financially consistent military aircraft improvement projects, and analysis of combat competitiveness changes. The material may be interesting for developers of new military equipment or its modernization, and with the view of any military measures feasibility justification as well.

Key words: military-economic analysis; effectiveness; combat competitiveness; ranking.

***Дополнительные
материалы***

Правила предоставления авторами рукописей

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

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

20.01.07 – Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал;

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

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

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

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

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

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

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

Структура файла статьи:

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

- тему и текст статьи;
- список использованных источников.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- рецензия на статью, подписанная, как правило, доктором наук, подпись которого заверена установленным порядком;
- исходные файлы всех рисунков статьи согласно п. 3 настоящих Правил (только в электронном виде);
- файлы фотографий каждого автора в одном из общепринятых графических форматов: портретная, без посторонних людей в кадре, размер фотографии не менее 300 пикселей по горизонтали и 400 пикселей по вертикали (предоставляется по желанию, только в электронном виде).

Порядок рецензирования рукописей

1. Рукописи, поступающие в редакцию журнала «Вооружение и экономика» (далее – Журнал), подлежат обязательному рецензированию (экспертной оценке).

2. Перечень специалистов, привлекаемых к рецензированию, утверждается главным редактором журнала. В рецензировании рукописей вправе участвовать члены редакционной коллегии и научно-редакционного совета Журнала. По решению редакционной коллегии для рецензирования могут привлекаться также иные специалисты, если среди перечисленных лиц отсутствуют эксперты по проблематике данной статьи.

3. В течение десяти рабочих дней с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил предоставления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирование одному или нескольким экспертам, указанным в пункте 2 настоящего положения. При направлении статьи на рецензирование из нее удаляется информация об авторе.

4. Рецензент проводит рецензирование работы в течение одного месяца с момента поступления к нему рукописи. Если по каким-либо причинам рецензент не в состоянии провести экспертную оценку рукописи в установленный срок, он должен сообщить об этом главному редактору (заместителю главного редактора). Главный редактор (заместитель главного редактора) в этом случае вправе продлить срок рецензирования работы либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

5. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (вследствие конфликта интересов или по иным причинам), он в течение пяти рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

6. После получения рецензии главный редактор (заместитель главного редактора) вправе направить рукопись на дополнительное рецензирование другому рецензенту.

7. Основные положения отрицательной рецензии доводятся авторам рукописи без указания лица, проводившего рецензирование, вместе с решением редакционной коллегии об отклонении статьи, как правило, на указанные в карточках авторов адреса электронной почты.

При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

8. Рецензии представляются редакцией по запросам Минобрнауки России.

9. Авторы отклонённой статьи вправе в тридцатидневный срок с момента доведения им основных положений отрицательной рецензии сообщить свои возражения по данному поводу либо уведомить редакцию о намерении переработки отклонённой статьи, что предполагает подготовку нового комплекта материалов, указанных в п. 5 Правил предоставления авторами рукописей.

10. После получения рецензии рукопись представляется ученым секретарем на ближайшем заседании редакционной коллегии для планирования сроков опубликования статьи. В случае если рецензия не является положительной (содержит замечания, указания на необходимость переработки, вывод о нецелесообразности опубликования в текущем виде и т.п.), представление статьи на заседании редакционной коллегии производится не раньше, чем по истечении срока, указанного в п. 9 настоящего Порядка.

Карточка статьи

	На русском языке	На английском языке
Название статьи		
Инициалы и фамилия автора (авторов)		
Авторская аннотация (не более 1000 знаков, включая пробелы)		
Ключевые слова (разделенные точкой с запятой)		

Карточка автора

	На русском языке	На английском языке
Фамилия		
Имя		
Отчество*)		
Ученая степень*)		
Ученое звание*)		
Место работы		
Должность		
Контактный телефон		
Адрес электронной почты		
SPIN-код*)		
Дополнительная информация**)		

*) При наличии.

**) Указываются сведения, которые автор желает дополнительно сообщить о себе.

Особенности распространения журнала

Доступ ко всем номерам электронного научного журнала «Вооружение и экономика» осуществляется на [сайте Министерства обороны Российской Федерации](#) либо на сайте журнала – <http://www.viek.ru>.

Сведения о членах редакционной коллегии

АЛЕКСАНДРОВ Анатолий Александрович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники, премии Правительства Российской Федерации в области образования

АЧАСОВ Олег Борисович – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РАН

БОЧКАРЕВ Олег Иванович – кандидат экономических наук, член-корреспондент РАН

БУРЕНОК Василий Михайлович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, лауреат премии Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации – *главный редактор*

БЫСТРОВ Андрей Владимирович – доктор технических наук, профессор, советник РАН

ВИКУЛОВ Сергей Филиппович – доктор экономических наук, профессор, почётный академик РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации – *заместитель главного редактора*

ГЛАДЫШЕВСКИЙ Владимир Леонидович – кандидат технических наук, доцент, советник РАН

ГОРЧИЦА Геннадий Иванович – доктор военных наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации

ГОРШКОВ Владимир Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

КАШИН Валерий Михайлович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик РАН, Герой Труда Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий, лауреат премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники

КОКОШИН Андрей Афанасьевич – доктор исторических наук, профессор, академик РАН, академик РАН

ЛАВРИНОВ Геннадий Алексеевич – доктор экономических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова – *заместитель главного редактора*

ЛЕОНОВ Александр Васильевич – доктор экономических наук, профессор, советник РАН

МИХАЙЛОВ Юрий Михайлович – доктор химических наук, профессор, академик РАН, академик РАН, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, лауреат премии Российской академии наук имени В.Н. Ипатьева в области технической химии

РАХМАНОВ Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, лауреат премии Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации

ХУДЯКОВ Дмитрий Владимирович – кандидат экономических наук, доцент – *заместитель главного редактора – ученый секретарь.*

ХРУСТАЛЕВ Евгений Юрьевич – доктор экономических наук, профессор

ЦЕЛЫКОВСКИХ Александр Александрович – доктор военных наук, профессор, советник РАН