

2012
№ 5 (21)

Вооружение
и экономика

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации</p> <p>Академия проблем военной экономики и финансов</p> | <p>Вооружение и экономика № 5 (21) / 2012</p> <p>Электронный научный журнал</p> <p>http://www.viek.ru</p> |
| <p>Издается с 2008 года</p> <p>Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-30824 от 25.12.2007 г.</p> <p>Регистрационное свидетельство ФГУП НТЦ «Информрегистр» № 521 от 10 октября 2011 г.</p> <p>ISSN 2071-0151</p> <p>Электронный научный журнал «Вооружение и экономика» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19 февраля 2010 г. № 6/6)</p> | <p>Содержание</p> |
| | <p><u>Военно-техническая политика</u></p> |
| | <p><i>Гладышевский В.Л., Шмидт А.А.</i> К вопросу обоснования рационального состава перечня приоритетных образцов вооружения, определяющих облик перспективной системы вооружения ВС РФ 4</p> |
| | <p><i>Буравлев А.И., Брезгин В.С.</i> Методика оценки ущерба при имитационном моделировании огневого поражения объектов 13</p> |
| | <p><i>Венедиктов А.А., Стеклов В.И.</i> Прогнозирование результатов эксперимента в военной медицине в условиях многомерных исходных данных и малой выборки 22</p> |
| <p><i>Найденов В.Г., Щукин А.Н.</i> Методика планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа для реализации эффективной стратегии испытаний сложных информационно-управляющих систем 31</p> | |
| <p><i>Козирацкий Ю.Л., Луценко А.Д., Глушков А.Н.</i> Методический подход к определению рационального типажа лазерных средств оптико-электронного подавления 42</p> | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Издатель: Академия проблем военной экономики и финансов 129327, г. Москва, Чукотский пр-д, д. 10 rk@viek.ru</p> <p>Главный редактор дтн проф. Буренок В.М.</p> <p>Редакционная коллегия дтн проф. Анищенко В.Н. ктн доц. Ачасов О.Б. дтн проф. Буравлев А.И. дэн проф. Венедиктов А.А. (отв. редактор) дэн проф. Викулов С.Ф. (зам. гл. редактора) дтн проф. Гальцов Е.М. дтн проф. Горчица Г.И. дтн проф. Горшков В.А. дэн проф. Козин М.Н. ктн снс Косенко А.А. дэн проф. Лавринов Г.А. (зам. гл. редактора) дэн снс Леонов А.В. кэн проф. Савинский П.Ф. дэн проф. Хрусталеv Е.Ю. двн проф. Цельковских А.А.</p> <p>Редакционный совет дтн двн проф. Анисимов Е.Г. дтн Архипов Н.Ф. дтн проф. Балыко Ю.П. дтн проф. Василенко В.В. дэн снс Корчак В.Ю. дтн проф. Минаев В.Н. дтн проф. Козирацкий Ю.Л. кэн Пискунов А.А. дтн проф. Рахманов А.А. кэн Сторонин В.В. дэн проф. Чистов И.В. дтн проф. Ягольников С.В.</p> <p>Оформление, верстка Венедиктова М.М.</p> <p>Редактор Молчанова Т.М.</p> | <p>Леонов А.В., Смирнов С.С., Хованов Д.Г. Адаптивный подход к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий 47</p> |
| | <p style="text-align: center;"><u>Военная экономика и финансы</u></p> |
| | <p>Аверкиев Н.Ф., Булекбаев Д.А. Задача синтеза экономических трасс запуска космических аппаратов 60</p> |
| | <p>Николаев А.Е. Научно-технологическая программа министерства обороны США: вопросы организации, планирования, управления 65</p> |
| | <p>Курбанов А.Х., Плотников В.А. Выявление системных взаимосвязей уровня экономического развития региона и форм материально-технического обеспечения войск (сил) 78</p> |
| | <p style="text-align: center;"><u>Военно-социальная политика</u></p> |
| | <p>Венедиктова М.М. Влияние региональных мер поддержки семей с детьми на социальное положение военнослужащих 88</p> |
| | <p>Сведения об авторах 95</p> |
| | <p>Аннотации и ключевые слова 99</p> |
| | <p>Правила представления авторами рукописей 104</p> |
| | <p>Порядок рецензирования рукописей 106</p> |
| | <p>Карточка статьи 107</p> |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------|
| Издается при финансовой поддержке Российской академии ракетных и артиллерийских наук | Карточка автора | 107 |
| | Условия подписки на полнотекстовую версию в Интернете | 107 |

Уважаемые читатели, авторы, члены редакционной коллегии и редакционного совета!

Этот номер выходит в предновогодние дни. И мы поздравляем всех читателей и авторов журнала с Новым 2013 годом! В прошедшем и наступающем году у журнала были и предстоят приятные юбилеи. В декабре 2012 года одному из учредителей – 46 Центральному научно-исследовательскому институту исполнилось 35 лет. В это же время исполнилось 5 лет нашему журналу «Вооружение и экономика». В предстоящем году исполняется 15 лет со дня создания другого учредителя и издателя журнала – Академии проблем военной экономики и финансов.

В феврале 2010 года решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал был включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, приобрел статус «ВАКовского». В двадцати номерах журнала опубликовано 280 научных статей. За эти годы в подготовке статей приняли участие 324 автора. Они работают в различных организациях и министерствах: ЦЭМИ РАН, ИПУ РАН, ИМЭМО РАН, ИНХП РАН, РАН, ЦВСИ, ЦНИИЭСУ, ВАГШ, научные и учебные организации МВД, Пограничный научный центр, НИУ Минобороны (2, 4, 13, 21, 22, 30 и др.) и вузы (ОВА, ВА РВСН им. Петра Великого, ВАТТ, Воронежский университет, Вольский институт, академия им. Жуковского, Ярославская ВФЭА, Академия ВКО, Военный университет), гражданские научные и учебные заведения (МГТУ им. Баумана, МАИ, Самарский аэрокосмический университет, Уфимский ГАТУ), Минпромторг, Счетная палата России, ФСКН России, служба РХБЗ, ЦВМУ, Гособоронзаказ, «Оборонсервис», ЭКОС, «Модуль» и др. Широка и география местонахождения авторов: Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Тверь, Ярославль, Нижний Тагил, Воронеж, Вольск, Самара, Уфа, Череповец.

Опубликованные статьи имеют широкий диапазон тематических направлений. Наибольшее число статей написано по разделам «Военно-техническая политика» (94) и «Экономика военного строительства» (82), что вполне соответствует профилю журнала. В то же время вышли статьи по ряду других смежных направлений: оборонно-промышленный комплекс и ценообразование на продукцию военного назначения (32), военная экономика и финансы (19), военно-социальная политика (13), военно-техническое сотрудничество (7). В рубрике «Труды молодых ученых» помещено 13 статей.

Для издателей и авторов журнала представляют интерес данные о количестве обращений к сетевому журналу. В начале «жизни» нашего издания в период с 4.10.2008 по 21.12.2009 г. у него было около 2,5 тысяч читателей. За этот период число запросов к номерам составило 8685, т.е. 20 в сутки. Через два года (в последней декаде января 2012 г.) количество обращений увеличилось практически в 2 раза. Это несомненный успех авторов и редколлекции.

**С Новым годом Вас, дорогие читатели и авторы!
Всего вам доброго, дорогие коллеги!
Пишите и читайте наш журнал.**

В.Л.Гладышевский, кандидат технических наук

А.А.Шмидт

К вопросу обоснования рационального состава перечня приоритетных образцов вооружения, определяющих облик перспективной системы вооружения ВС РФ¹

Рассматривается задача обоснования рационального состава перечня приоритетных вооружений, военной и специальной техники, которые определяют облик перспективных систем вооружения видов (родов войск) ВС РФ. Для ее решения предлагается использовать метод «ABC-анализа».

В условиях сохраняющихся военных угроз национальной безопасности Российской Федерации, а также ограничений на финансовые и другие ресурсы, направляемые на разработку и производство вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), предъявляются повышенные требования к всесторонней оптимизации состава и параметров мероприятий государственной программы вооружения [1].

Государственная программа вооружения (ГПВ) – долгосрочный плановый документ, содержащий взаимоувязанный по целям, ресурсам и срокам осуществления комплекс работ по созданию, производству и поддержанию в боеготовом состоянии образцов ВВСТ, обеспечивающих решение задач, стоящих перед Вооруженными Силами РФ (ВС РФ), другими войсками, воинскими формированиями и органами. Порядок разработки и выполнения ГПВ определен «Правилами разработки и выполнения государственных программ вооружения», утвержденными постановлением Правительства РФ №549 от 30 августа 2007 года (далее – Правила).

Для формирования интегрального представления о перспективном облике системы вооружения и приоритетах ее развития, потенциальных возможностях российских вооружения и военной техники по отношению к зарубежным аналогам, в составе документов ГПВ, утверждаемых Президентом РФ, соглас-

но требованиям Правил, разрабатывается «Перечень приоритетных вооружений, военной и специальной техники, которые определяют облик перспективных систем вооружения видов (родов войск) ВС РФ» (далее – Перечень). Кроме того, данный Перечень лежит в основе всех мероприятий связанных с организацией и осуществлением контроля над процессами создания наиболее важных образцов ВВСТ и оснащения ими ВС РФ со стороны Президента Российской Федерации и Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации.

В настоящее время формирование Перечня важнейших образцов методически опирается на использование эвристических подходов (логико-аналитических методов, экспертных опросов и др.) и основывается на предложениях видов (родов) войск ВС РФ по составу приоритетных образцов ВВСТ. Для формирования своих предложений виды ВС (рода войск) используют научно-методический аппарат, обеспечивающий учет только тех задач, которые на них возложены и, как правило, не позволяющий учесть межвидовые аспекты развития систем оружия, влияние которых в последнее время становится все более ощутимым при создании перспективных комплексов вооружения и военной техники.

Таким образом, в настоящее время сформировалась объективная необходимость в

1 Статья подготовлена при поддержке гранта Президента РФ МК-3869.2012.10.

разработке методического аппарата надвидового уровня управления, обеспечивающего формирование Перечня, согласованного с системных позиций и обеспечивающего формирование целостного интегрального представления о перспективном облике системы вооружения и процессах его формирования через реализацию программных и плановых документов развития ВВСТ.

При этом следует отметить, что в настоящее время номенклатура образцов ВВСТ, находящихся на вооружении ВС РФ, насчитывает более 15 тысяч позиций. В отношении значительной части из них планируются и выполняются различные программные мероприятия, реализация которых, в конечном итоге, и определяет эффективность системы вооружения и состояние парка ВВСТ ВС РФ. В свою очередь, программные мероприятия характеризуются совокупностью технико-экономических показателей (объем финансовых ресурсов, продолжительность выполнения мероприятия, количество закупаемых (модернизируемых, ремонтируемых) образцов ВВСТ и др.). Значения этих показателей для каждого программного мероприятия, как правило, существенно различаются, а, следовательно, и влияние результатов их реализации на состояние системы вооружения также значительно разнится.

Учитывая изложенное выше, формируемый Перечень важнейших образцов ВВСТ должен удовлетворять ряду противоречивых требований. С одной стороны, его размерность должна быть незначительной, чтобы обеспечить приемлемые ресурсные издержки на осуществление процессов контроля над формированием и реализацией мероприятий развития ВВСТ в рамках ГПВ и ГОЗ со стороны Аппарата Президента РФ и ВПК при Правительстве РФ. А с другой стороны размер Перечня и его состав должны позволить сформировать интегральное, достаточно полное, целостное и всестороннее представление о процессе развития ВВСТ и состоянии системы вооружения ВС РФ, что предполагает включение в него как можно большей номенклатуры образцов вооружения.

В общем случае задачу формирования Перечня представляется возможным декомпозировать на две частных подзадачи: первая – определение размерности или мощности (по аналогии с теорией множеств) Перечня, а вторая – определение образцов ВВСТ, включаемых в его состав.

Для выбора математического инструментария, позволяющего осуществить решение перечисленных задач, авторами проведен анализ различных подходов к решению аналогичных задач, изложенных в ряде источников [1-9]. В результате проведенного анализа была определена совокупность методов, которые могут служить основой для решения поставленной задачи, среди них:

- метод ранжирования;
- методы кластерного анализа;
- градиентный метод;
- метод «золотого сечения»;
- метод «АВС-анализа».

Содержательно метод ранжирования [10] заключается в построении отношения порядка на множестве элементов путем расчета некоторого численного коэффициента для каждого элемента, характеризующего его важность в рамках решаемой задачи с последующей расстановкой элементов (ранжированием) по убыванию (возрастанию) значений коэффициентов. Для выделения наиболее важной группы используются элементы массива данных с наибольшим значением коэффициента. Для измерения важности (вычисления значений коэффициента) элементов такого множества, как правило, возникает необходимость в организации экспертных опросов. Недостатком такого подхода является слишком высокая неопределенность при определении необходимого количества элементов массива после их ранжирования.

Кластерный анализ [11, 12] основывается на представлении результатов отдельных наблюдений точками подходящего геометрического пространства с последующим выделением групп как «сгустков» этих точек. Основная цель анализа – выделить в исходных

многомерных данных такие однородные подмножества, чтобы объекты внутри групп были «похожи» в известном смысле друг на друга, а объекты из разных групп – не похожи. Недостатком подхода является неизбежно возникающая проблема измерения близости объектов при любых трактовках кластеров и различных методах классификации. Основные трудности, возникающие при этом: неоднозначность выбора способа нормировки и определения расстояния между объектами.

Градиентный метод [4] заключается в нахождении локального минимума (максимума) функции некоторой величины с помощью движения вдоль градиента. Для минимизации функции в направлении градиента используют методы одномерной оптимизации. Недостатком подхода является сложность определения наискорейшего возрастания (уменьшения) функции некоторой величины ввиду неоднозначности оценок экспертов.

Метод «золотого сечения» [3] основывается на использовании пропорций «золотого сечения». «Золотое сечение» – это гипотеза пропорциональной связи целого и составляющих его частей. Классический пример золотого сечения – деление отрезка в среднепропорциональном отношении, когда целое относится к большей своей части, как большая к меньшей. Из результатов исследований, проведенных в работах [13-15], следует, что соотношение «золотого сечения» нельзя считать законом, при простой проверке он не находит подтверждения, если конечно не заниматься «подгонкой». Недостатком подхода является эвристичность принципа, на котором основан метод золотого сечения.

«ABC-анализ» [16] – метод формирования и контроля за состоянием запасов, заключающийся в разбиении номенклатуры N реализуемых товарно-материальных ценностей на три неравномоощных подмножества A , B и C на основании некоторого формального алгоритма. Он основан на принципе дисбаланса (принципе Парето – за большинство возможных результатов отвечает относительно не-

большое число причин). При проведении «ABC-анализа» строится график зависимости совокупного эффекта от количества товарно-материальных ценностей, отсортированных в порядке убывания их вклада. Такой график называется кривой нарастающих итогов (или кривой Парето, кривой Лоренца, ABC-кривой). По графику товарно-материальные ценности группируются в зависимости от их вклада в эффект на три неравномоощных подмножества: A – наиболее важные, B – промежуточные и C – наименее важные [9, 17].

Причем если товарно-материальные ценности не однородны (относятся к различным классам), то разделение на группы проводится сначала в пределах однородного подмножества (класса), а затем формируются соответствующие группы [18-20].

Использование «ABC-анализа» создает условия для более рационального распределения ресурсов и времени, которые необходимы для контроля и управления наиболее важными с точки зрения конечного результата объектами. Такой метод воспринимается, с одной стороны, как простой и наглядный, с другой – как серьезный аналитический инструмент для обработки и изучения сложных ситуаций и большой совокупности обширных данных [20].

Метод «ABC-анализа» нашел практическое применение во многих отраслевых приложениях. С 1941 года в США он активно применяется в области «управления поставками вооружений» [цит. по: 21, с.1].

Недостатком метода является его неэффективность при малом количестве ассортиментных позиций или неполном количестве данных для анализа.

Исходя из приведенного анализа методов, можно сделать вывод, что наиболее подходящим для определения рационального состава Перечня является метод «ABC-анализа». Его существующими недостатками, незначительными для решения данной задачи, можно пренебречь. Другие рассматриваемые подходы нецелесообразно использовать для реше-

ния данной задачи, так как их недостатки в данном случае критичны и не компенсируются их достоинствами.

Рассмотрим данный подход применительно к задаче формирования Перечня важнейших образцов. Современное использование принципа Парето в мировой практике применительно к процессам развития ВВСТ позволяет трактовать его следующим образом: относительно небольшая номенклатура образцов ВВСТ, в отношении которых планируются мероприятия ГПВ, потребляет большую часть ресурсов, направляемых на развитие ВВСТ в программный период, и оказывает наибольшее влияние на состояние системы вооружения. Использование метода «АВС-анализа» позволяет разделить (классифицировать) номенклатуру образцов ВВСТ, на которые направлены мероприятия ГПВ, на три неравнозначных группы (категории) «А», «В» и «С».

Группа «А» – самые важные образцы ВВСТ, оказывающие определяющее влияние на возможности системы вооружения, состояние и возможности ОПК и обеспечивающие достижение наибольшего числа целей ГПВ. Группа «А», согласно принципу Парето, должна быть самой малой по количеству номенклатур ВВСТ и, как следствие, программных мероприятий в их обеспечение, но при этом будет потреблять большую часть ресурсов, направляемых на развитие ВВСТ в предстоящий программный период. Контроль над реализацией мероприятий ГПВ, относящихся к группе «А», целесообразно возложить на Администрацию Президента РФ и ВПК при Правительстве РФ.

Группа «В» – группа образцов ВВСТ, оказывающих существенное влияние на возможности системы вооружения и состояние предприятий ОПК, но менее важных, чем в группе «А». Она будет включать существенно большее количество номенклатур ВВСТ, чем группа «А», при значительно меньшем объеме ресурсов, направляемых на реализацию программных мероприятий в обеспечение образцов этой группы. Контроль над реализаци-

ей мероприятий ГПВ, относящихся к группе «В», целесообразно возлагать на государственных заказчиков ВВСТ.

Образцы ВВСТ, включаемые в группы «А» и «В», составляют необходимую совокупность элементов вооруженной борьбы для решения задач, возлагаемых на вооруженные силы. Но данная совокупность образцов не является достаточной для образования собственно систем вооружения воинских формирований различного уровня – от тактического звена до вооруженных сил в целом, позволяющих гарантированно решить весь спектр задач, возлагаемых на воинские формирования. Как следствие образцы ВВСТ этих групп должны быть дополнены образцами третьей группы – «С». В состав группы «С» следует включить все образцы ВВСТ, которые не вошли в группы «А» и «В», по отношению к которым в предстоящий программный период предполагается проведение соответствующих программных мероприятий. По количеству номенклатуры ВВСТ группа «С» должна быть самой большой, при этом объем ресурсов, направляемых на реализацию программных мероприятий в ее обеспечение, должен быть значительно ниже, чем в группе «В». Контроль над процессами реализации программных мероприятий, относящихся к образцам ВВСТ из группы «С», должен возлагаться на соответствующие структурные подразделения (органы) государственных заказчиков ВВСТ.

Следует отметить, что разделение всей совокупности образцов ВВСТ можно производить и на большее количество групп, но увеличение количества приводит к росту управленческих издержек, связанных с реализацией информационно-аналитического обеспечения процессов контроля реализации программных мероприятий и их администрирования. Наиболее рациональным в выборе количества групп образцов ВВСТ представляется подход, когда число групп сопряжено с числом уровней управления в системе управления развитием ВВСТ. При этом, по нашему мнению, в состав Перечня важнейших образцов ВВСТ должны быть включены все образ-

цы ВВСТ только из группы «А». При выполнении этого условия Перечень ВВСТ будет удовлетворять ранее предъявленным к нему требованиям.

Учитывая изложенное, а также суть «АВС» метода, для формирования групп необходимо решить ряд частных задач: оценить «важ-

ность» образцов ВВСТ, а по результатам полученных оценок произвести упорядочение множества образцов ВВСТ, позволяющее в конечном итоге сформировать некую функцию – «кривую нарастающих возможностей» (далее – КНВ), являющуюся аналогом кривой нарастающих итогов в управлении запасами.

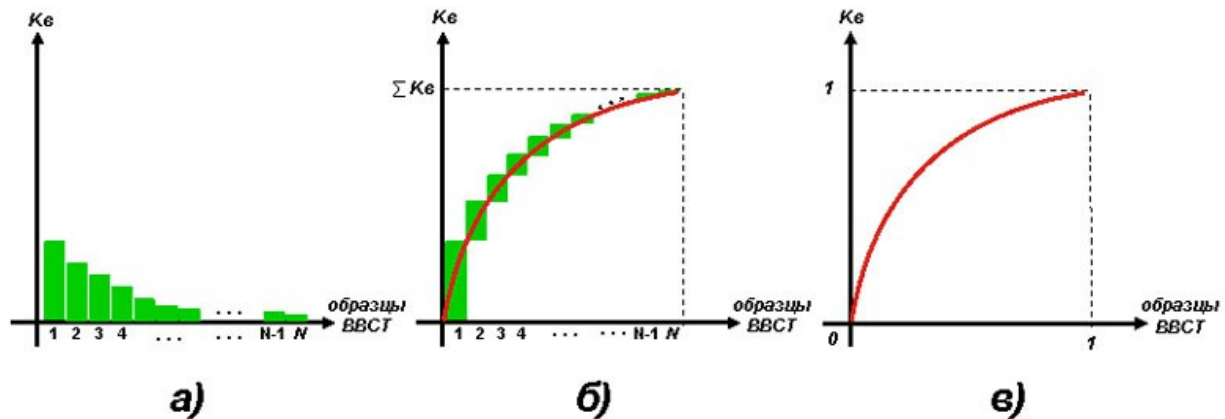


Рисунок 1 – Пример построения КНВ

В общем случае «важность» образцов ВВСТ определяется по специальным признакам или их комбинации. В качестве таких признаков выступают: качество вооружения; потенциальные возможности; количество образцов ВВСТ одного наименования, закупаемых в рамках ГПВ; значимость для решения текущих задач и т.п.¹ Эти характеристики оцениваются по количественной шкале, соответствующей используемому лингвистическим переменным, что позволяет перейти от качественной характеристики к их количественным оценкам.

В настоящее время такая задача достаточно хорошо проработана. Способы ее решения изложены в ряде научных трудов, основанных на методе ранжирования образцов ВВСТ путем расчета коэффициентов важности (Кв), отражающих цели ГПВ и позволяющих произвести ранжирование образцов ВВСТ, на которые направлены мероприятия ГПВ, по убыванию значений коэффициентов [1, 3, 22]². Ран-

жирование образцов ВВСТ по нескольким признакам производится с использованием методов многокритериального упорядочивания объектов путем свертки в коэффициент важности (Кв) [23, 24].

Достижение всех целей ГПВ обеспечивается реализацией запланированных мероприятий. В свою очередь мероприятия ГПВ реализуются в интересах образцов ВВСТ, которые характеризуются коэффициентами важности. Соответственно, сумма коэффициентов важности всех образцов ВВСТ, на которые направлены мероприятия ГПВ, отражает степень достижения целей ГПВ и, как следствие, возможности системы вооружения.

Для выделения групп образцов ВВСТ, как отмечено выше, необходимо построить КНВ и по ней определить границы групп с помощью графического, либо аналитического метода [17, 20, 25]³.

1 Выбор конкретных показателей требует проведения дополнительных исследований и является направлением дальнейших исследований.

2 Выбор конкретных способов решения данной подзадачи в рамках данной статьи не рассматривается

и является направлением дальнейших исследований.

3 Выбор конкретного метода в рамках статьи не рассматривается, так как требует дополнительных исследований и является направлением дальнейших исследований.

Построение КНВ предполагает выполнение следующих шагов:

- упорядочивание образцов ВВСТ по убыванию K_v (рисунок 1а);
- построение гистограммы накопления K_v и приближение ее непрерывным графиком (рисунок 1б);
- нормирование осей 1:1 (рисунок 1в).

Таким образом, получается график в безразмерных единицах: 1 – по оси абсцисс соответствует полная номенклатура образцов ВВСТ, в отношении которых реализуются программные мероприятия, 100% от их количества; 1 – по оси ординат соответствует суммарный результат ($\sum K_v$) от полной номенкла-

туры ВВСТ. И в дальнейших рассуждениях будем рассматривать непрерывный график изменения $K_v: y=f(x)$, которая имеет универсальный вид степенной зависимости [25].

Учитывая то обстоятельство, что мероприятия ГПВ, реализуемые в интересах образцов ВВСТ, находящихся в различных программах вооружения по направлениям (видам) техники (далее – программы вооружения), не однородны, то и корректное ранжирование этих образцов ВВСТ становится затруднительным. В этом случае представляется целесообразным сначала провести ранжирование образцов ВВСТ в пределах отдельных программ вооружения (рисунок 2).

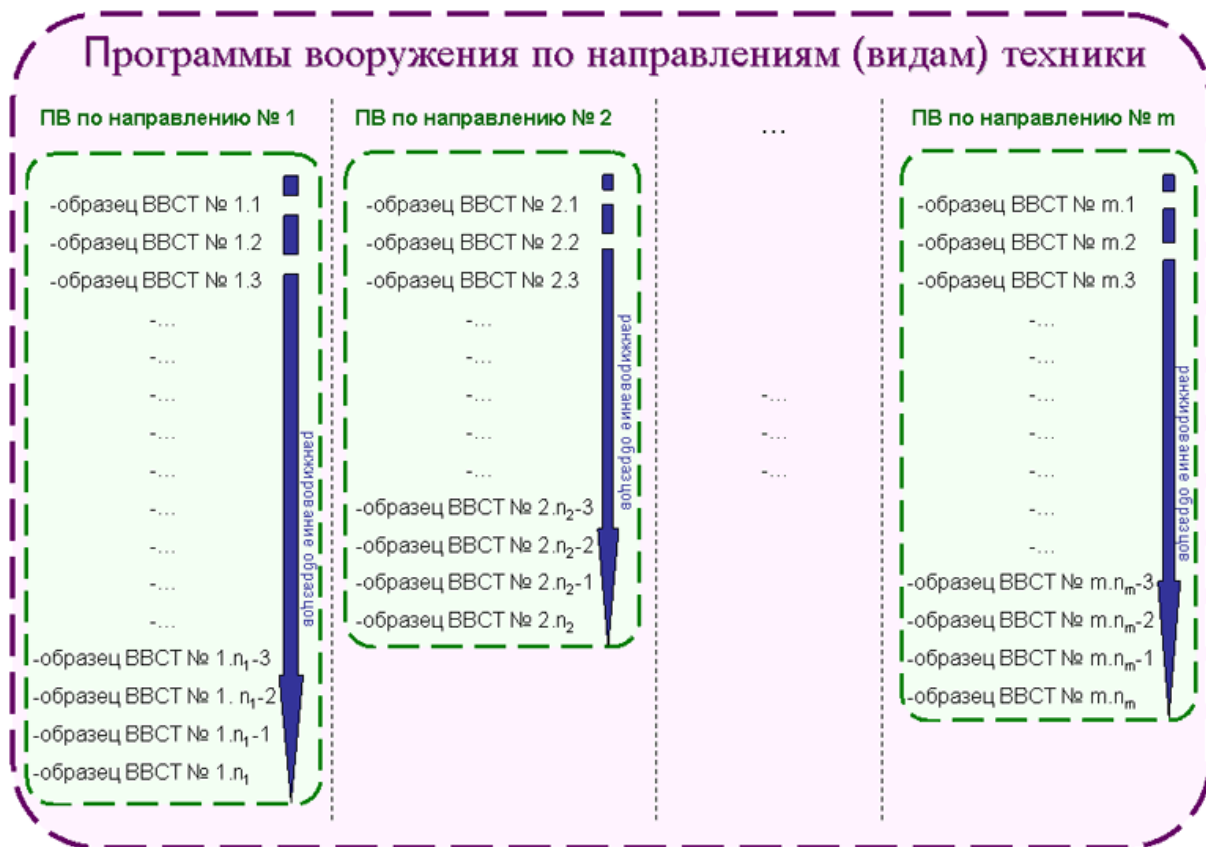


Рисунок 2 – Ранжирование образцов ВВСТ в пределах программ вооружения по направлениям (видам) техники

По аналогии с представленным выше алгоритмом построения КНВ (рисунок 1) необходимо построить график и на его основе выделить подгруппы « a_i » в каждой программе вооружения (рисунок 3).

На следующем этапе объединяем сформированные перечни образцов ВВСТ всех подгрупп « a_i » и получаем группу «А», которая и будет представлять рациональный состав Перечня (рисунок 4).

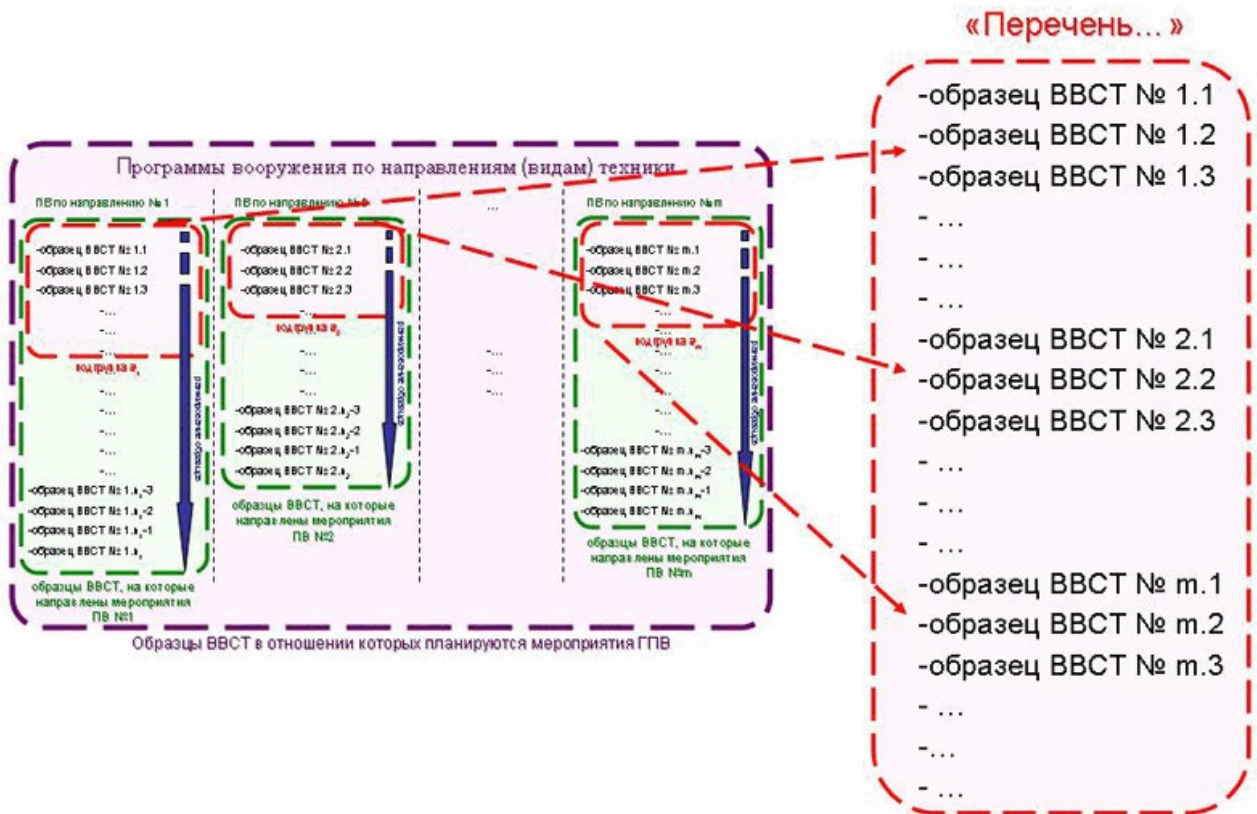


Рисунок 4 – Определение рационального состава образцов ВВСТ, включаемых в Перечень

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. – М.: Издательский дом «Граница», 2005. – 520 с.
2. Карташов А.В. Количественные методы оптимизации номенклатуры предметов снабжения при их каталогизации. – М.: Академия оборонных отраслей промышленности, 1997. – 470 с.
3. Шевелев И.В., Марутаев М.А., Шмелев И.П. Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии. – М.: Стройиздат, 1990. – 343 с.
4. Бахвалов И.С., Жидков Н.П., Кобелев Г.М. Численные методы. – М.: Наука, 2003. – 632 с.
5. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 509 с.
6. Партыка Т.Л., Попов И.И. Математические методы: Учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 464 с.
7. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
8. Заболотский В.П., Оводенко А.А., Степанов А.Г. Математические модели в управлении: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУАП, 2001. – 196 с.
9. Стерлингова А.Н. Управление запасами в цепях поставок: Учебник. – М.: ИНФРА – М, 2008. – 430 с.
10. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 495 с.
11. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
12. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Пер. с англ. / Под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

13. Радзюкевич А.В. Красивая сказка о «золотом сечении». [Электронный ресурс] URL: <http://www.sibdesign.ru/index.php?text=1&razdel=stat&textnew=20030615041954> (дата обращения: 7.02.2012 г.).
14. Devlin's Angle. The Myth That Will Not Go Away. [Электронный ресурс] URL: http://www.maa.org/devlin/devlin_05_07.html (дата обращения: 7.02.2012 г.).
15. Белянин В.С. Владел ли Платон кодом золотой пропорции? Анализ мифа. [Электронный ресурс] URL: <http://www.a3d.ru/architecture/stat/182> (дата обращения: 7.02.2012 г.).
16. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь. – М.: Экономика, 1995. – 251 с.
17. Лукинский В.С., Цвиринько И.А. Логистика: Учебное пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2003. – 203 с.
18. Фишер А. Структурирование номенклатуры – залог эффективного управления товаром // Журнал о логистике в бизнесе «Логинфо» / 2009. – №3. – С. 21-22.
19. Фишер А. Почему не работает ABC. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. - URL: http://zakup.vl.ru/files/pochemu_ne_rabotaet_abc.pdf (дата обращения: 7.02.2012 г.).
20. Фишер А. ABC-анализ в логистике: методы выделения групп. [Электронный ресурс] URL: <http://www.cfin.ru/management/manufact/abc.html> (дата обращения: 7.02.2012 г.).
21. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. – М.: ИПУ РАН, 2001.
22. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: «Логос», 2002. – 391 с.
23. Макеев С.П., Шахнов И.Ф. Упорядочение объектов в иерархических системах // Известия АН СССР, Техническая кибернетика. – 1991. – №3. – С. 29-46.
24. Фишер А. Методы выделения групп в ABC анализе // Логистика и управление. – 2008. – № 1. – С. 15-19.
25. Ваньян П.Л., Поташев А.И. Правило Парето и самоподобие в ABC-анализе // Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2005. – С. 1986-1995 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/192.pdf> (дата обращения: 7.02.2012 г.).

Буравлев А.И., доктор технических наук,
профессор
Брезгин В.С., кандидат технических наук

Методика оценки ущерба при имитационном моделировании огневого поражения объектов

В статье рассмотрен методический подход к оценке ущерба при имитационном моделировании огневого поражения. Предложены алгоритмы имитационного моделирования, позволяющие корректно проводить оценку ущерба при различных способах огневого поражения одиночных и групповых объектов, в том числе с учетом накопления ущерба.

В настоящее время ведутся активные исследования в части создания информационно-моделирующих систем (ИМС) как инструментальных средств поддержки решений для широкого круга задач военного планирования [1, 2].

Одна из таких систем – информационно-аналитическая система поддержки принятия решений в части программно-целевого планирования развития ВВТ «Арбат-НВ-Центр» в настоящее время принята на снабжение Минобороны РФ и проходит опытно-эксплуатационную эксплуатацию. Основу ИМС составляет имитационная модель, позволяющая моделировать процессы огневого поражения объектов в ходе боевых операций с оценкой частных и интегральных показателей эффективности боевого применения.

Одной из важнейших задач является огневое поражение объектов противника при применении различных видов оружия с оценкой величины и степени нанесенного ущерба объектам противоборствующих сторон. Сложность этой задачи связано с тем, что величина и степень ущерба зависит как от характера и свойств объекта поражения (тип и размеры объекта, его состав, функционально-логическая схема уязвимости, степень защищенности), так и от типа и характеристик применяемого средства поражения (характер и мощность поражающего действия, дальность и точность стрельбы). В соответствии с принятыми нормативами по огневому поражению на-

земных, воздушных и морских объектов для войсковых объектов существует четыре типа поражения *A, B, C, D*; для объектов инфраструктуры – два типа поражения *A, B* [3, 4].

Каждый тип характеризует определенную степень поражения объекта, отражающую величину физического ущерба и минимальное время восстановления его боеспособности. Например, для одиночного объекта поражение по типу *A* означает его *уничтожение* и невозможность *восстановления* его боеспособности (работоспособности) за время менее чем *семь* суток. Поражение по типу *B* означает *вывод из строя* объекта на время не менее *одних* суток, а поражение по типу *C* – повреждение объекта на время не менее *двух-трех* часов. Для групповых (площадных) объектов поражение по типу *A* означает уничтожение не менее 50% его составных элементов; поражение по типу *B* – вывод из строя не менее 50% его элементов; поражение по типу *C* – повреждение не менее 50% элементов объекта.

Поражение объекта по определенному типу достигается накрытием объекта соответствующей зоной поражения СП. Для оценки величины и степени ущерба необходимо моделировать факт накрытия объекта зоной поражения СП.

В данной статье рассматривается методика оценки ущерба при моделировании огневого поражения одиночных и групповых объектов.

1. Расчет условного закона поражения объекта дистанционными СП по известным зонам поражения

Для средств поражения дистанционного (фугасного, осколочного, зажигательного и комбинированного) действия в руководствах по боевому применению авиации, ракетных войск и артиллерии приводятся приведенные зоны поражения (ПЗП) по каждому типу поражения (А,В,С).

Приведенная зона поражения представляет собой прямоугольник со сторонами $l_x \times l_z$, параллельными главным осям рассеивания СП, накрытие объекта которой приводит к достоверному поражению по определенному типу. Обстрел объектов может производиться с разных направлений, в связи с чем использование прямоугольных зон поражения значительно усложняет процесс определения факта накрытия размерного объекта ПЗП. Поэтому целесообразно преобразовать прямоугольные зоны поражения по типу

А,В,С в условный закон поражения в полярной форме, который характеризует условную вероятность поражения объекта по определенному типу $G(R, \varphi)$ в зависимости от ра-

диуса R подрыва СП относительно центра цели и угла φ , характеризующее направление стрельбы.

С этой целью заменяют прямоугольную зону поражения на круговую с радиусом, соответствующим определенному типу поражения [3]:

$$R_{A,B,C} = \sqrt{\frac{S_{A,B,C}}{\pi}}, \tag{1}$$

где $S_{A,B,C} = l_x^{A,B,C} \times l_z^{A,B,C}$ – площадь приведенной зоны поражения объекта СП по определенному типу.

Условную вероятность объекта по определенному типу в этом случае можно определить отношением площадей

$$G_A = \frac{S_A}{S_C}; \quad G_B = \frac{S_B - S_A}{S_C}; \quad G_C = \frac{S_C - S_B}{S_C}.$$

На рисунке 1 показана диаграмма условного закона поражения объекта СП.

Здесь условные вероятности G_C, G_B характеризуют поражение объекта только по типу В и С. При этом сумма вероятностей

$$G_A + G_B + G_C = 1,$$

что означает достоверное событие поражения объекта хотя бы по одному типу при накрытии его зоной поражения.

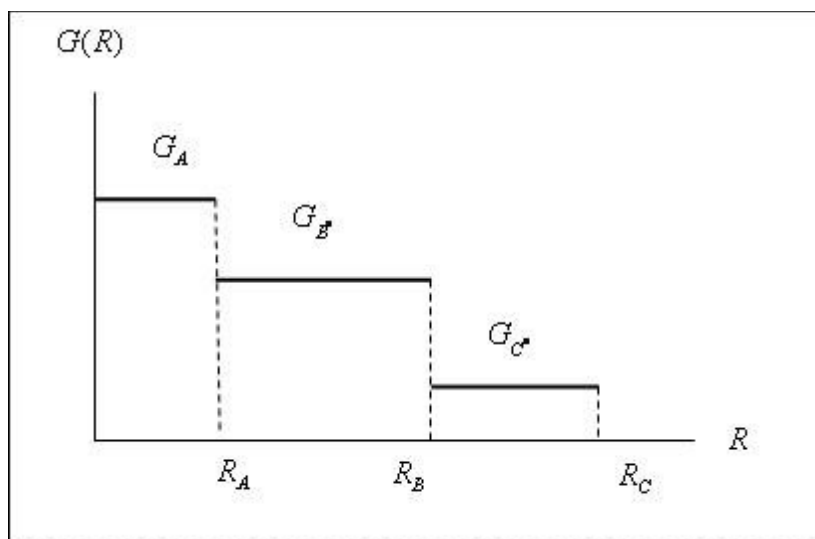


Рисунок 1 – Диаграмма условного закона поражения объекта СП в плоскости стрельбы

Проекция развертки условного закона поражения $G(R, \varphi)$ по углу направления стрельбы $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ на горизонтальную плоскость

представляет собой концентрические круги радиусом, соответствующим типу поражения.

Для оценки точности аппроксимации прямоугольных зон круговыми зонами поражения проведены расчеты по оценке вероятности поражения малоразмерных (точечных) объектов.

Вероятность поражения точечного объекта при накрытии его прямоугольной зоной поражения определяется по формуле [4]

$$W = G P_x P_z = 4G \Phi_0 \left(\frac{l_x}{2\sigma_x} \right) \Phi_0 \left(\frac{l_z}{2\sigma_z} \right),$$

где $0 < G \leq 1$ – условная вероятность поражения объекта при накрытии его ПЗП;

$$P_x \Phi = 2G \Phi_0 \left(\frac{l_x}{2\sigma_x} \right);$$

$$P_z \Phi = 2G \Phi_0 \left(\frac{l_z}{2\sigma_z} \right) - \text{вероятности накрытия}$$

объекта прямоугольной ПЗП при заданных характеристиках рассеивания СП σ_z, σ_x , рассчитанные с использованием функции

$$\Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Вероятность поражения объекта при накрытии его круговой зоной поражения с радиусом R определяется выражением

$$W = G \left[1 - \exp \left(-\frac{R^2}{2\sigma^2} \right) \right],$$

где $\sigma = \sqrt{\sigma_x \sigma_z}$ – величина кругового среднеквадратического отклонения (СКО) СП.

Приравнявая эти выражения, получаем уравнение для определения радиуса круговой зоны поражения, эквивалентной по вероятности поражения объекта прямоугольной зоной поражения

$$R^* = \sqrt{-2\sigma^2 \ln(1-W)}. \quad (2)$$

Исследования показали, что при соотношениях между размерами прямоугольной зоны поражения и характеристиками рассеивания СП $\frac{l_x}{\sigma_x}, \frac{l_z}{\sigma_z}$ расхождения между радиусом ЗП, определенным по формулам (1) и (2), может быть существенным и достигать 30% и более. С уменьшением СКО расхождение оценок увеличивается. Это обстоятельство обусловлено значимым влиянием характеристик рассеивания СП на эффективность поражения объекта.

На рисунках 2, 3 приведены графики зависимости радиуса круговой зоны поражения R, рассчитанного по формуле (1), и радиуса R*, рассчитанного по формуле (2), в зависимости от коэффициента $k = \frac{l_x}{l_z}$ при фиксированных значениях остальных параметров.

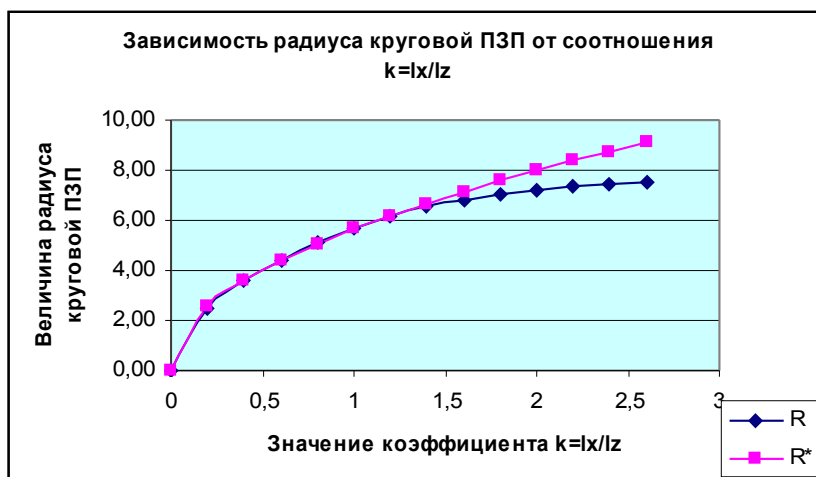


Рисунок 2 – Зависимость радиуса круговой ПЗП от коэффициента $k = \frac{l_x}{l_z}$ при фиксированных

$$G=1; l_z=10\text{ м}; \sigma_x=\sigma_z=5\text{ м}$$

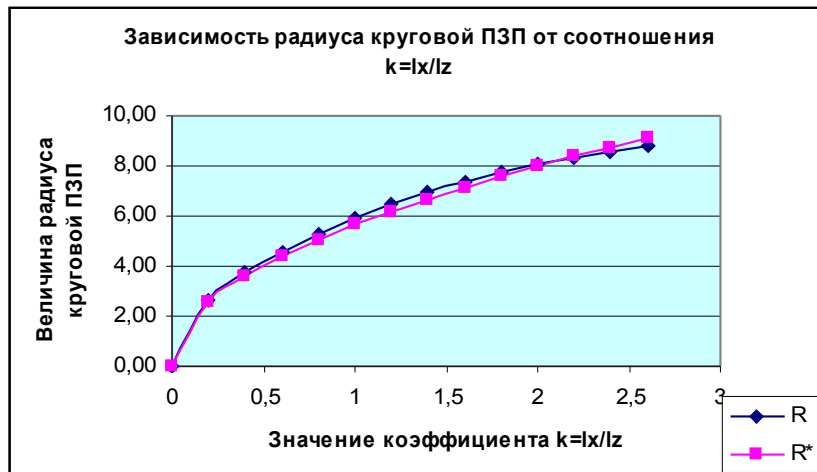


Рисунок 3 – Зависимость радиуса круговой ПЗП от коэффициента $k = \frac{l_x}{l_z}$ при фиксированных $G=1; l_z=10 м; \sigma_x = \sigma_z = 10 м$

Из рисунков видно, что при определенных соотношениях $\frac{l_x}{\sigma_x}, \frac{l_z}{\sigma_z}$ можно получить как близкое совпадение, так и значительное расхождение между радиусами круговой зоны

поражения, рассчитанных по формулам (1), (2).

В связи с этим предлагается рассчитывать эквивалентный радиус круговой зоны поражения по формуле

$$R^* = \sqrt{-2\sigma_x\sigma_z \ln \left[1 - 4G\Phi_0\left(\frac{l_x}{2\sigma_x}\right)\Phi_0\left(\frac{l_z}{2\sigma_z}\right) \right]}, \tag{3}$$

учитывающей характеристики рассеивания СП.

2. Оценка ущерба групповой цели при одиночном, серийном и залповом применении СП

Рассмотрим групповую цель, состоящую из N элементарных целей, представляющих собой функциональные подсистемы (узлы, агрегаты) исходного объекта (рисунок 4). Положение каждого элемента относительно геометрического центра групповой цели задается вектором $\vec{r}_i = (x_i, y_i), i = \overline{1, N}$.

Положение СП и его круговой зоны поражения относительно центра цели характеризуется радиус-вектором $\vec{R}_c = (x_c, y_c)$. Тогда положение СП относительно i -го элемента характеризуется радиус-вектором $\vec{R}_{\varepsilon_i} = \vec{R}_c + \vec{r}_i$.

По положению элементов относительно центра СП можно судить о факте их накрытия определенной зоной поражения.

Обозначим $I_{\varepsilon_i}^{A,B,C} \in \{0,1\}$ индикатор поражения i -го элемента по типу A, B, C . Эти индикаторы определяются следующими соотношениями:

$$I_{\varepsilon_i}^A = \begin{cases} 0, R_{\varepsilon_i} > R_A; \\ 1, R_{\varepsilon_i} \leq R_A \end{cases}; \quad I_{\varepsilon_i}^B = \begin{cases} 0, R_{\varepsilon_i} > R_B; \\ 1, R_{\varepsilon_i} \leq R_B \end{cases}; \quad I_{\varepsilon_i}^C = \begin{cases} 0, R_{\varepsilon_i} > R_C; \\ 1, R_{\varepsilon_i} \leq R_C \end{cases} \tag{4}$$

где $R_{\varepsilon_i} = \sqrt{(x_{\varepsilon_i} - x_c)^2 + (z_{\varepsilon_i} - z_c)^2}$; $R_{A,B,C}$ – радиусы круговых зон поражения по типу A, B, C .

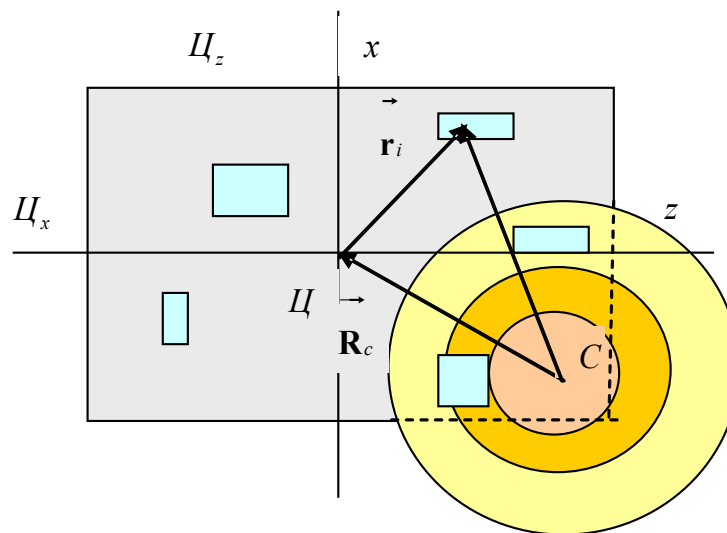


Рисунок 4 – Схема применения СП по групповой цели

По индикаторам $I_{\mathcal{E}_i}^{A,B,C}$ можно определить индикаторы поражения элементов только по типам А,В,С:

$$I_{\mathcal{E}_i}^A = I_{\mathcal{E}_i}^A; I_{\mathcal{E}_i}^B = I_{\mathcal{E}_i}^B - I_{\mathcal{E}_i}^A; I_{\mathcal{E}_i}^C = I_{\mathcal{E}_i}^C - I_{\mathcal{E}_i}^B. \quad (5)$$

По типу поражения элементов групповой цели однозначно определяется минимальное или потребное время на восстановление пораженного элемента (подсистемы, агрегата, узла), а также потребные средства для его ремонта.

Суммируя индексы по всем элементам групповой цели можно оценить средний ущерб, нанесенный групповой цели по типам поражения

$$U_A = \frac{\sum_{i=1}^N I_{\mathcal{E}_i}^A}{N}; U_B = \frac{\sum_{i=1}^N I_{\mathcal{E}_i}^B}{N}; U_C = \frac{\sum_{i=1}^N I_{\mathcal{E}_i}^C}{N}. \quad (6)$$

В соответствии с принятыми нормативами по применению авиационных и ракетно-артиллерийских СП групповая цель считается пораженной

- по типу А (разгром), если $U_A \geq 0,5$;
- по типу В (подавление), если $U_B \geq 0,5$;
- по типу С (дезорганизация), если $U_C \geq 0,5$.

Для случая серийного применения СП необходимо для каждого СП фиксировать координаты его разрыва относительно центра групповой цели и оценивать факт накрытия и индикаторы поражения элементов цели.

В этом случае возникает проблема учета накопления ущерба для пораженных ранее по типу В и С элементов. Методический подход к ее решению рассматривается ниже.

При залповом (одновременном) применении СП по групповой цели необходимо рассчитывать обобщенную зону поражения (ОЗП) цели, которая получается в результате объединения ПЗП отдельных СП [4]. Обобщенная зона поражения представляется также прямоугольником со сторонами $L_x \times L_z$.

Размеры ОЗП определяются как сумма математического ожидания отклонения координат центра ПЗП от точки прицеливания за счет индивидуального рассеивания СП и собственных размеров ПЗП [4]:

$$L_{xn} = l_x = 0,7 \sigma_{x_u} \ln n; L_{zn} = l_z = 0,7 \sigma_{z_u} \ln n, \quad (7)$$

где n – число СП в залпе.

Среднее число перекрытий ПЗП одиночных СП в обобщенной зоне поражения определяется отношением суммарной площади ПЗП n СП к площади ОЗП

$$v(n) = \frac{nS_{\text{ПЗП}}}{S_{\text{ОЗП}}} = \frac{nl_x l_z}{L_x L_z} = \frac{n}{\left(1 + 0,7 \frac{\sigma_{x_u}}{l_x} \ln n\right) \left(1 + 0,7 \frac{\sigma_{z_u}}{l_z} \ln n\right)}. \quad (8)$$

Зависимость $v(n)$ показана на графике на рисунке 5. Она практически является линейной от числа СП в залпе.

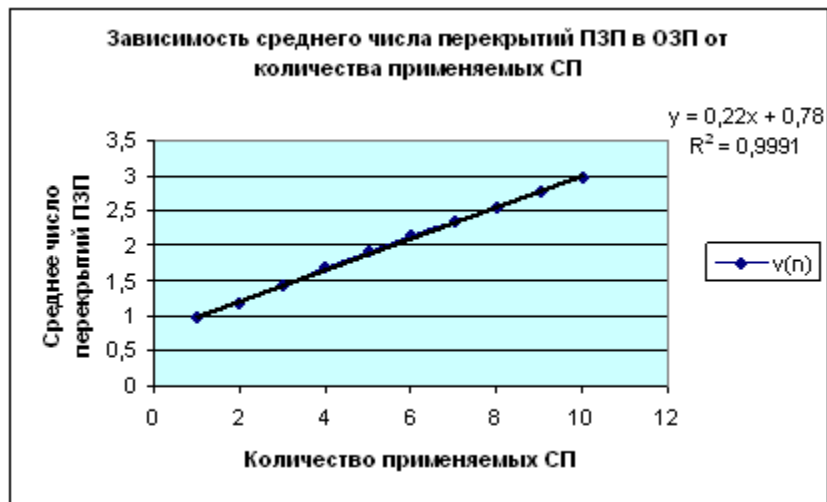


Рисунок 5 – Зависимость среднего числа перекрытий ПЗП от числа СП в зале

Поэтому для практических расчетов можно использовать линейную аппроксимацию зависимости $v(n)$

$$v(n) = 0,78 + 0,22n. \quad (9)$$

После формирования прямоугольной ОЗП для трех типов поражения, она преобразуется по рассмотренной выше методике в круговую зону поражения и используется далее для оценки величины ущерба, нанесенного групповой цели при залповом применении СП.

3. Учет накопления ущерба при применении СП

Для учета накопления используются различные модели [4]. Рассмотрим наиболее простую модель, в которой накопление ущерба осуществляется по линейному закону:

$$G(n+1) = k \cdot G(n); \quad (n=2, 3, \dots, m), \quad (10)$$

где n – число СП, примененных по цели;

$k > 1$ – коэффициент, характеризующий увеличение условной вероятности поражения цели при увеличении числа применяемых СП на единицу;

m – число СП, при котором обеспечивается достоверное поражение объекта.

Число СП m , при котором обеспечивается достоверное поражение объекта по данному типу, определяется по данным экспериментальных исследований.

Коэффициент накопления ущерба k определяется из равенства $G(m+1) = k^m G_1 = 1$, откуда

$$k = \frac{1}{\sqrt[m]{G_1}}. \quad (11)$$

Условный закон поражения в этом случае описывается степенной зависимостью следующего вида:

$$G(n) = \begin{cases} k^{n-1}, & 1 < n \leq m \\ 1, & n > m \end{cases}$$

На рисунке 6 показаны графики изменения условного закона поражения без накопления и с накоплением ущерба для ударных СП при следующих параметрах: $G_1 = 0,3$; $m = 5$; $k = 1,27$.

Данный подход может быть применен и к условным законам поражения дистанционных СП, где G_1 является условной вероятностью поражения объекта при накрытии его круговой зоной поражения определенного типа (А, В, С).

Процесс накопления ущерба можно представить в виде марковской цепи, описывающей изменение вероятностей состояний объекта при последовательном воздействии по нему СП.

В качестве возможных состояний рассмотрим следующие несовместные состояния:

объект не поражен O ;

объект поражен по типу C^* ;
 объект поражен по типу B^* ;

объект поражен по типу A^* .

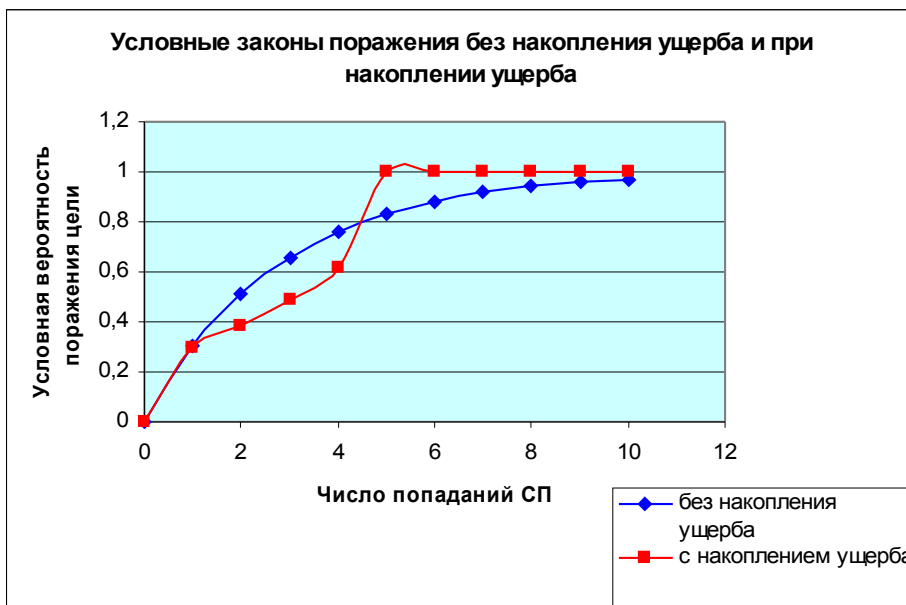


Рисунок 6 – Графики условных законов поражения без накопления и с накоплением ущерба для ударных СП

Переход объекта из одних состояний в другие осуществляется при воздействии по объекту очередного СП. Переходы осуществляются из состояний с более низкой степенью поражения в состояния с более высокой степенью поражения. Состояние A (объект уничтожен) является поглощающим состоянием. Вероятности переходов зависят только от

вида состояния, в котором находился объект до попадания очередного СП, и типа поражения объекта по определенному типу при попадании в него СП.

На рисунке 7 показан граф состояний и возможных переходов при действии по объекту несколькими СП.

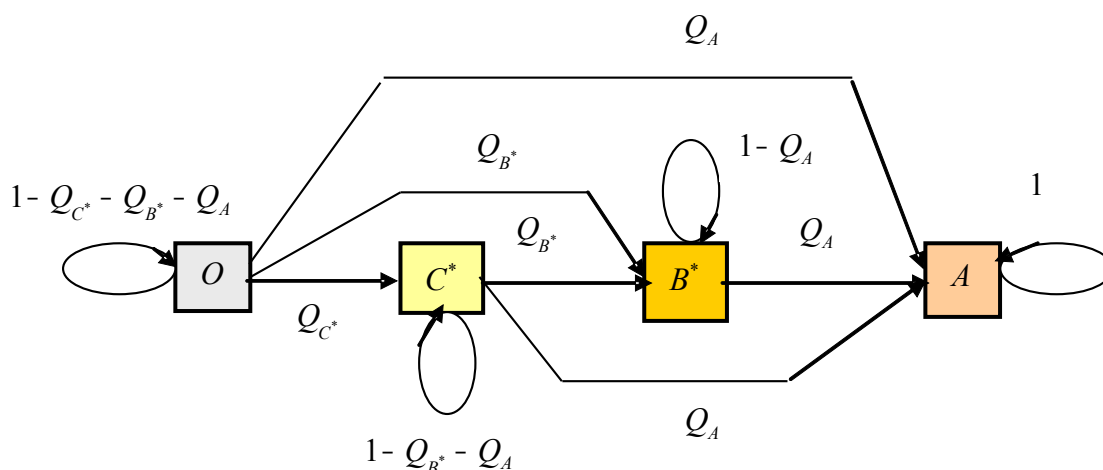


Рисунок 7 – Марковская модель поражения объекта при последовательном воздействии СП

Для процесса поражения без накопления ущерба условные вероятности переходов Q_A , Q_B , Q_C не зависят от числа попаданий СП и

определяются следующими соотношениями $Q_A = U_A$; $Q_B = U_B - U_A$; $Q_C = U_C - U_B$.

В этом случае получаем однородную марковскую цепь, матричное уравнение для вероятностей состояний которой имеет вид

$$G(n) = QG(n-1); \quad (n=1, 2, \dots), \quad (12)$$

где $G(n) = [G_o(n), G_{C^*}(n), G_{B^*}(n), G_A(n)]^T$ – вектор-столбец условных вероятностей поражения объекта по различным типам при попадании n СП;

$G_o(n) = 1 - G_{C^*}(n) - G_{B^*}(n) - G_A(n)$ – условная вероятность не поражения объекта при n попаданиях СП;

$$Q = \begin{bmatrix} 1 - Q_{C^*} - Q_{B^*} - Q_A & 0 & 0 & 0 \\ Q_{C^*} & 1 - Q_{B^*} - Q_A & 0 & 0 \\ Q_{B^*} & Q_{B^*} & 1 - Q_A & 0 \\ Q_A & Q_A & Q_A & 1 \end{bmatrix}$$

переходная матрица марковской цепи.

С помощью рекуррентного уравнения (11) можно получить условные законы поражения объекта от числа попаданий СП n при заданной схеме ее уязвимости, которая определяет значения вероятностей поражения Q_A, Q_{B^*}, Q_{C^*} .

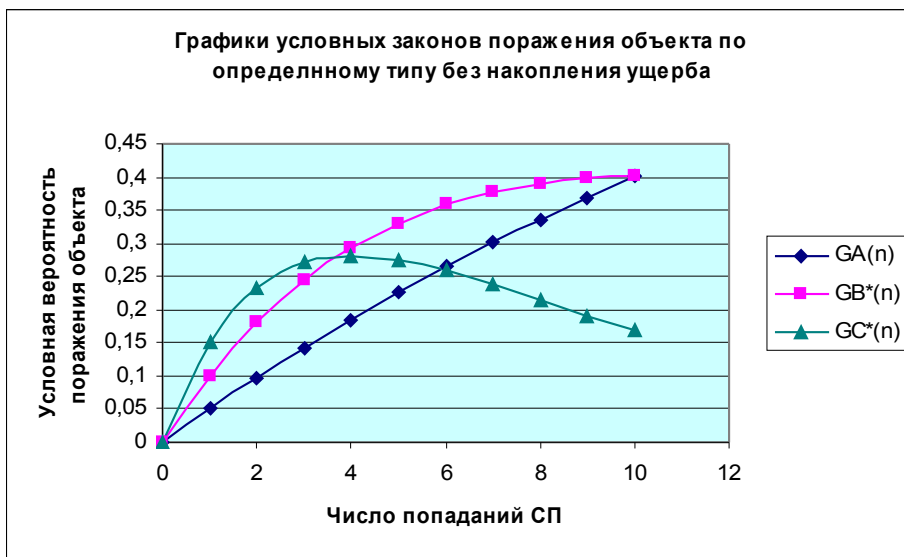


Рисунок 8 – Графики условных законов поражения без накопления ущерба

На рисунке 8 показаны графики условных законов поражения по различным типам в зависимости от числа попаданий СП n при сле-

дующих данных: $Q_A = 0,05, Q_{B^*} = 0,1, Q_{C^*} = 0,15$.

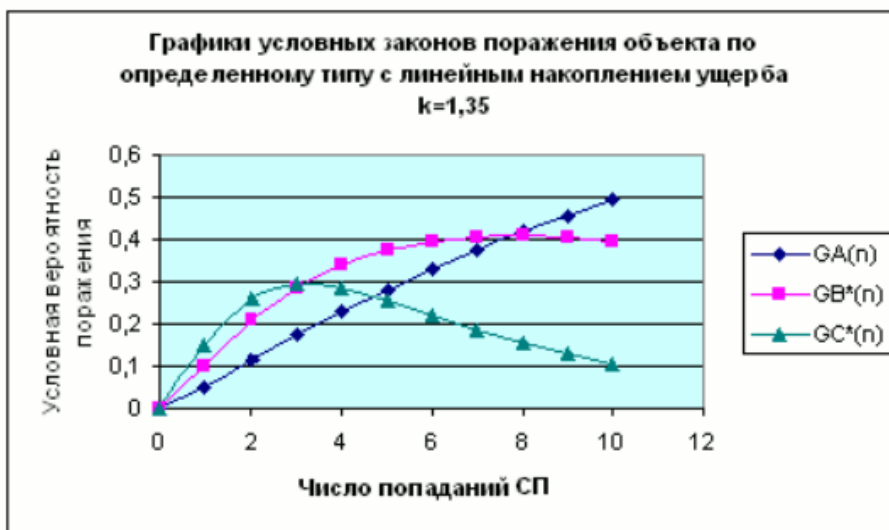


Рисунок 9 – Графики условных законов поражения при линейном накоплении ущерба

При накоплении ущерба переходная матрица $Q(n)$ становится зависимой от числа попаданий СП, а марковская цепь неоднородной:

$$G(n) = Q(n)G(n-1); (n=1,2,\dots).$$

Для учета накопления ущерба в матрицу Q можно ввести коэффициент накопления ущерба k для элементов Q_A, Q_B, Q_C , что позволяет рассчитывать условные законы поражения в рамках линейного закона накопления ущерба (10).

На рисунке 9 показаны графики условных законов поражения при линейном накоплении ущерба с коэффициентом $k=1,35$ и $m=4$.

Несмотря на внешнее сходство, численные значения условных законов поражения различаются в случае накопления ущерба. На рисунке 10 приведены графики обобщенных законов поражения $G(n)$ без учета и с учетом накопления ущерба $G^*(n)$, представляющих собой сумму условных законов по разным типам поражения.

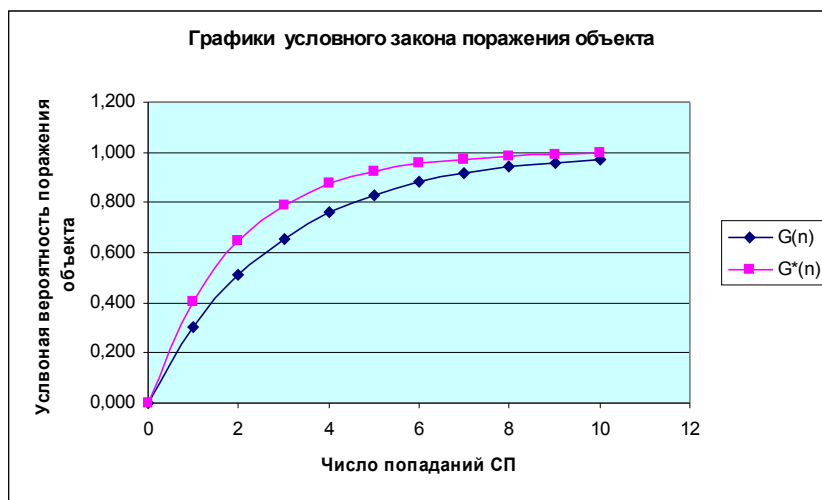


Рисунок 10 – Графики обобщенного закона поражения без накопления и при линейном накоплении ущерба

Из этих графиков усматривается явное различие между законами поражения без накопления и с накоплением ущерба.

Рассмотренный выше методический подход позволяет осуществлять корректную оценку величины и степени ущерба при имитационном моделировании огневого поражения групповых объектов.

Список использованных источников

1. Выпасняк В.И., Калиновский Д.Б., Тиханычев О.В. Моделирование вооруженного противоборства: перспективы развития // Военная мысль. – 2009. – № 7.
2. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В. Ягольников. – Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009.
3. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. Военно-теоретический труд / Под ред. А.А. Бобрикова. – СПб.: Академия военных наук, 2006.
4. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники. – СПб.: ВАТТ МО РФ, 2011.

А.А.Венедиктов, доктор экономических наук, профессор
В.И.Стеклов, кандидат медицинских наук

Прогнозирование результатов эксперимента в военной медицине в условиях многомерных исходных данных и малой выборки

В статье рассматривается оригинальный способ прогнозирования исхода эксперимента при небольшом количестве наблюдений, многомерных исходных данных и широком диапазоне зафиксированных значений каждого из наблюдаемых параметров. Приводится пример применения метода для прогнозирования развития фибрилляции предсердий после операции радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка у больных с типичным трепетанием предсердий.

При решении прикладных задач математической статистики нередко появляется необходимость обработать данные, выражающие результаты наблюдений, и на основе такой обработки спрогнозировать исход того или иного эксперимента. Подобные задачи наиболее часто возникают в страховании (актуарные расчеты), медицине (прогнозы, связанные с диагнозом и развитием болезни), технике (теория надежности) и в ряде других областей, когда функциональная связь между состоянием системы в момент обследования и исходом эксперимента не установлена вследствие недостаточной изученности анализируемого процесса, неполноты исходных данных или по иным причинам.

К традиционным способам решения такого рода задач относятся: применение статистических методов анализа выживаемости¹ (например, множительные оценки методом

Каплана-Мейера), регрессионного анализа (в частности, модели Кокса), кластерного анализа и др. Однако не для всех задач применение перечисленных методов позволяет получить конкретный прогноз с высокой достоверностью. В первую очередь проблемы с применением соответствующего научного аппарата возникают, когда исходные статистические данные многомерны, отдельные параметры не являются независимыми, а число проведенных наблюдений невелико. Последняя проблема, в частности, становится актуальной при исследовании новых образцов вооружения, военной и специальной техники, новых методов лечения и т.п.

В данной статье излагается оригинальный способ прогнозирования исхода эксперимента² при небольшом количестве наблюдений и широком диапазоне зафиксированных значений каждого из наблюдаемых параметров. Разработанный метод был применен для анализа результатов операций радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка у больных с типичным трепетанием предсердий в Медицинском учебно-научном клиническом центре имени П.В. Мандрыка Минобороны России. При этом в качестве прогнозируемого параметра рассматривалась вероят-

1 Термин «выживаемость» применен здесь в силу традиции, поскольку изначально он применялся для проведения актуарных расчетов при страховании жизни (определение ожидаемого времени дожития). В настоящее время данный метод получил признание также применительно к широкому спектру иных задач, в том числе в медицине при прогнозировании исхода болезни, при определении времени наработки на отказ вооружения, военной и специальной техники и др. Таким образом понятие «выживаемость» в настоящее время понимается при применении данного метода шире: как показатель вероятности наступления некоторого ожидаемого (или допускаемого) исхода.

2 Под экспериментом в данной статье мы будем понимать испытание, заключающееся в получении наблюдаемых параметров, и фиксирование результатов такого испытания.

ность возникновения у больного в послеоперационный период фибрилляции предсердий. Для данной задачи излагаемый в статье метод позволил получить весьма высокий результат (около 94% верных прогнозов). Авторы полагают, что данный методический аппарат может быть применен для решения и иных задач, связанных с прогнозированием результатов экспериментов в тех случаях, когда количество имеющихся наблюдений с учетом размерности векторов исходных данных недостаточно для применения упомянутых выше традиционных методов статистической обработки.

Формализация исходных данных

Предполагается, что имеются результаты n наблюдений, каждое из которых фиксирует m заранее заданных параметров. При этом в конкретном наблюдении допускается некоторая неполнота исходных данных: отдельные параметры могут быть не определены, например, вследствие того, что их накопление производилось разными людьми в течение продолжительного времени и восстановить имеющиеся пробелы в настоящее время не представляется возможным. Для каждого из наблюдений известен результат эксперимента, т.е. либо дата возникновения исхода, вероятность которого будет оцениваться, либо сведения о том, что на текущую дату (момент анализа) данное событие не произошло. Исходные данные могут представлять собой результаты измерений (вещественные числа) либо качественные показатели, кодируемые натуральными числами.

Применительно к упоминавшейся выше задаче прогнозирования возникновения у пациента фибрилляции предсердий после операции по поводу трепетания предсердий в качестве исходных данных анализировались показатели обследования больного перед операцией радиочастотной абляции катетрикуспидального перешейка, а также параметры самой операции. Перечень соответствующих факторов приведен на рисунках 1, 2. Одним из исходных данных является дата операции,

которая в сопоставлении с датой диагностирования фибрилляции предсердий (в случае если такой диагноз имел место) либо с текущей датой (если фибрилляция предсердий не диагностировалась) позволяет определить время, через которое анализируемый исход наступил для конкретного пациента, либо длительность «периода положительных последствий», в течение которого данный исход не наступает. В случае смерти наблюдаемого пациента без диагностирования у него фибрилляции предсердий, период, прошедший со дня операции до момента смерти, считается периодом положительных последствий.

Значения каждого из параметров, выражающих результаты измерений, объединяются в группы, которым соответствует определенный диапазон значений соответствующего показателя. Это позволяет, с одной стороны, единообразно анализировать все исходные параметры как факторы, имеющие качественную (а не качественно-количественную) природу. С другой стороны, за счет подобной группировки производится обоснованное упрощение модели, поскольку подавляющее большинство параметров целесообразно оценивать по упрощенной схеме: вместо конкретных значений учитывать лишь их качественную оценку (например, «норма», «выше нормы», «ниже нормы»).

На первом этапе будет оцениваться лишь *вероятность возникновения* (либо невозникновения) фибрилляции предсердий в послеоперационный период без учета прогнозируемого времени ее диагностирования.

Так, максимальные цифры систолического и диастолического артериального давления традиционно приводят в медицинских документах в миллиметрах ртутного столба, однако, как показывают расчеты, для прогнозирования возникновения фибрилляции предсердий значение имеет лишь, поднимаются ли у конкретного пациента данные показатели выше 180 и 110 мм рт.ст. соответственно. Следовательно, конкретные величины систолического и диастолического давления достаточно

заменить на качественный параметр: 1 – если максимальные значения артериального давления не превышают указанных ограничений; 2 – если находятся выше них.

Чем меньше число наблюдений, результаты которых находятся в распоряжении исследователя, тем большее значение приобретает

стремление к уменьшению числа групп, выделяемых применительно к значению каждого из анализируемых факторов. Наиболее крупными данные кластеры будут в том случае, если значения соответствующего параметра будут объединены в две группы, как в рассмотренном выше примере.

| Пол | Дата операции | Возраст на момент операции | Рост, см | Вес, кг | Индекс массы тела |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|
| Длительность аритмического анамнеза, лет | | | Синкопальные состояния: нет – 1, пресинкопэ – 2, есть – 3 | | |
| Пусковые факторы аритмии: физическая и эмоциональная нагрузка – 1, прием пищи – 2, после приема алкогольных напитков – 3, бодрствование – 4, сон – 5, нет четкой закономерности – 6 | | | | Сочетание нескольких симптомов: нет – 1, есть – 2 | |
| Класс проявлений (симптомов) по EHRA: нет–1, легкие–2, выраженные–3; инвалидизирующие–4 | | | | Одышка: нет – 1, есть – 2 | |
| Продолжительность приступа: кратковременный–1, устойчивый – 2, затяжной – 3, персистирующий – 4, длительно персистирующий – 5 | | | | | |
| Купирование: самостоятельно – 1, вагусные приемы – 2, введение антиаритмических препаратов – 3, чрезпищеводная стимуляция – 4, электр. кардиоверсия – 5, сочетание неск. методов – 6, не купирован – 6 | | | | | |
| Острый тест с антиаритмическими средствами: эффективен – 1, нет – 2 | | | Побочные реакции: нет–1, есть–2, проаритмия–3, сочетание–4 | | |
| Прием антиаритмических препаратов для профилактики приступов: нет – 1, 1а группа – 2, 1б группа – 3, 1с группа – 4, 2 группа – 5, 3 группа – 6, 4 группа – 7, сочетание препаратов – 8. | | | | | |
| Пост. антиаритмич. терапия для профилактики рецидивов аритмии: эффективная – 1, частичная – 2, нет – 3 | | | | | |
| Максимальные цифры АД (систолическое) | | | Максимальные цифры АД (диастолическое) | | |
| Рабочее АД систолическое | | | Рабочее АД диастолическое | | |
| Гипертоническая болезнь: нет – 1, 1 ст. – 2, 2 ст. – 3, 3 ст. – 4 | | | Длительность гипертонзивного анамнеза, лет | | |
| Гипотензивная терапия: нет – 1, ингибиторы АПФ – 2, бета-блокаторы – 3, мочегонные – 4, антагонисты кальция – 5, препараты центрального действия – 6, комбинированная терапия – 7 | | | | | |
| Стенокардия: нет – 1, 1 ФК – 2, 2 ФК – 3, 3 ФК – 4, 4 ФК – 5 | | | | Фибрилляция предсердий: нет – 1, есть – 2 | |
| Постинфарктный кардиосклероз: нет – 1, есть – 2, два и более ИМ – 3 | | | | Общая фракция выброса, % | |
| Трепетание предсердий, пароксизмальная форма: нет – 1, есть – 2 | | | | Правый желудочек, диаметр, см | |
| Персистирующая форма трепетания предсердий: нет – 1, нормальная – 2, тахи – 3, бради – 4, тахи-бради – 5, синдром Фредерика – 6 | | | | | |
| Экстрасистолия: нет–1, наджелудочковая–2, желудочковая 1гр.–3, 2гр.–4, 3гр.–5, 4гр.–6, 5гр.–7, сочетание–8 | | | | | |
| Конечно-диастолический размер левого желудочка, см | | | Конечно-систолический размер левого желудочка, см | | |
| Конечно-диастолический объем левого желудочка, мл | | | Конечно-систолический объем левого желудочка, мл | | |
| Правое предсердие, передне-задний размер, см | | | Левое предсердие, передне-задний размер, см | | |
| Митральный клапан: интактный – 1, пролапс – 2, регургитация 1 ст. – 2, 2 ст. – 3, 3 ст. – 4, 4 ст. – 5, стеноз – 6, комбинированный – 7 | | | | | |
| Трикуспидальный клапан: интактный – 1, пролапс – 2, регургитация 1 ст. – 3, 2 ст. – 4, 3 степени – 5, 4 степени – 6, стеноз – 7, комбинированный – 8 | | | | | |
| Аортальный клапан: интактный – 1, пролапс – 2, регургитация 1 ст. – 3, 2 ст. – 4, 3 ст. – 5, 4 ст. – 6, стеноз – 7, комбинированный – 8 | | | | | |
| Клапан легочной артерии: интактный – 1, пролапс – 2, регургитация 1 ст. – 3, 2 ст. – 4, 3 ст. – 5, 4 степени – 6, стеноз – 7, комбинированный – 8 | | | | | |
| Сочтенный порок сердца: нет – 1, есть – 2 | | | Признаки хронической аневризмы сердца: нет – 1, есть – 2 | | |
| Малые аномалии сердца: нет – 1, доп. хорда – 2, удлинненная заслонка Евстахиева клапана – 3, сеть Хиари – 4 | | | | | |

Рисунок 1 – Перечень наблюдаемых параметров на момент операции радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка

Далее производится анализ исходных данных на предмет выявления тех параметров, которые могут быть предположительно отнесены к числу не оказывающих влияние на прогнозируемый результат. Для этого вы-

числяется доля «положительных исходов» (в данном случае – невозникновения фибрилляции предсердий на момент анализа) в общей совокупности наблюдений. Для рассматриваемой задачи из $n=113$ проведенных в тече-

ние 12 лет операций в 72 случаях фибрилляция предсердий на момент анализа не возникла, т.е. доля положительных исходов составляет примерно 0,64.

Для каждого из возможных значений всех $m=65$ параметров также определяется доля положительных исходов. Если выясняется, что она незначительно, не более чем на 2-3 процентных пункта, отклоняется от упоминавшейся средней величины (т.е. в данном случае лежит в диапазоне от 0,61 до 0,67), будем полагать, что значение соответствующего па-

раметра не оказывает влияния на исход эксперимента, а такой параметр является незначимым и из дальнейшего анализа исключается. Остальные факторы назовем значимыми (или предположительно значимыми, что более корректно). Если количество наблюдений, при которых тот или иной показатель имеет конкретное значение, менее $X_1=20$, то такое значение в ходе дальнейшего анализа не учитывается, поскольку соответствующие результаты недостаточно репрезентативны.

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Операция выполнена на фоне: трепетания предсердий – 1, синусового ритма – 2 | | Масса миокарда, г |
| Область воздействия при РЧА: нет – 1, нижн.истмус – 2, септальный истмус – 3, нижн.и септальный истмус – 4 | | |
| РЧА МА: нет – 1, модификация АВ узла – 2, изоляция легочных вен – 3 | | Длительность операции, мин |
| Длительность флюороскопии, мин | Число аппликаций | Максимальная температура при РЧА, °С |
| Максимальная мощность энергии во время РЧА, Вт | | Длительность аппликаций, сек |
| Блокада проведения в нижнем истмусе: да – 1, частично – 2, нет – 3 | | |
| Диагноз на момент операции: трепетание предсердий – 1, трепетание предсердий+фибрилляция предсердий – 2 | | |
| Трепетание предсердий - 1, Трепетание предсердий+фибрилляция предсердий-2, Фибрилляция предсердий+Трепетание предсердий-3, Фибрилляция предсердий - 4 | | Фибрилляция предсердий в послеоперационном периоде: нет – 1, да – 2 |
| Индукция фибрилляции предсердий методом ЧПЭС: нет – 1, есть – 2 | | Рецидив: нет – 1, до 6 мес. – 2, до года – 3, после года – 4 |
| Осложнения РЧА: нет – 1, пульсирующая гематома – 2, АВ блокада 2 ст. – 3, АВ блокада 3 ст. – 4, тромбэмболич. осложнения – 5, гидроперикард – 6 | | |
| Симптомы аритмии: нет – 1, есть – 2 | | Время возникновения от момента операции (мес) |
| Тип аритмии: нет – 1, фибрилляция предсердий – 2, наджелудочковая экстрасистолия – 3, желудочковая экстрасистолия – 4, желудочковая тахикардия – 5, аритмии при WPW – 6, сочетание – 7 | | |

Рисунок 2 – Перечень наблюдаемых параметров операции радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка

В рассматриваемом примере из 65 исходных параметров предположительно значимыми являются $k=18$. Их перечень приведен на рисунке 3. Значения каждого из них удалось сгруппировать в два кластера. Способ группировки подбирался индивидуально для каждого параметра и здесь не приводится, поскольку, с одной стороны, его обоснование предполагает наличие познаний в соответствующей области, с другой стороны, требует применения специфической медицинской терминологии. Таким образом, квалиметрические аспекты построения шкалы измерений в данной работе не рассматриваются. Для описания разработанного метода способ группировки принципиального значения не имеет. Важно лишь, чтобы полученные кластеры образы-

вались не по формальному признаку (например, по нахождению слева или справа от медианы соответствующей выборки), а характеризовали качественное изменение значения параметра с точки зрения специалиста в соответствующей предметной области.

В случае применения общепринятых классификаций (например, для рассматриваемой задачи – степени клинических проявлений аритмии, выраженных в баллах по шкале EHRA¹) может оказаться целесообразным укрупнить кластеры за счет устранения детализации, не имеющей статистического значения с учетом объема выборки. Так, для рассматриваемого примера оказалось вполне

1 EHRA – European Heart Rhythm Association.

достаточным заменить традиционные для медицинской науки 10 градаций параметра «тип аритмии» двумя: «аритмия отсутствует», «аритмия имеется». Расчеты показали, что бо-

лее детальный учет типов аритмии не дает сколько-нибудь заметного повышения качества проводимого прогноза.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Диагноз на момент операции: трепетание предсердий – 1, трепетание предсердий+фибрилляция предсердий – 2 | |
| Продолжительность приступа: кратковременный – 1, устойчивый – 2, затяжной – 3, персистирующий – 4, длительно персистирующий – 5 | |
| Купирование: самостоятельно – 1, вагусные приемы – 2, введение антиаритмических препаратов – 3, чрезпищеводная стимуляция – 4, электрическая кардиоверсия – 5, сочетание нескольких методов – 6, не купирован – 6 | |
| Острый тест с антиаритмическими средствами: эффективен – 1, нет – 2 | |
| Максимальные цифры АД (систолическое): не более 180 мм рт.ст. – 1, более 180 мм рт.ст. – 2 | |
| Максимальные цифры АД (диастолическое): не более 110 мм рт.ст. – 1, более 110 мм рт.ст. – 2 | |
| Персистирующая форма трепетания предсердий: нет – 1, нормальная – 2, тахи – 3, бради – 4, тахи-бради – 5, синдром Фредерика – 6 | |
| Экстрасистолия: нет – 1, наджелудочковая – 2, желудочковая 1 гр. – 3, 2 гр. – 4, 3 гр. – 5, 4 гр. – 6, 5 гр. – 7, сочетание – 8 | |
| Конечно-диастолический размер левого желудочка: менее 6 см – 1, 6 см и более – 2 | |
| Конечно-систолический размер левого желудочка: менее 4 см – 1, 4 см и более – 2 | |
| Правое предсердие, передне-задний размер: менее 4 см – 1, 4 см и более – 2 | |
| Митральный клапан: интактный – 1, пролапс – 2, регургитация 1 ст. – 2, 2 ст. – 3, 3 ст. – 4, 4 ст. – 5, стеноз – 6, комбинированный – 7 | |
| Трикуспидальный клапан: интактный – 1, пролапс – 2, регургитация 1 ст. – 3, 2 ст. – 4, 3 степени – 5, 4 степени – 6, стеноз – 7, комбинированный – 8 | |
| Масса миокарда: менее 180 г – 1, 180 г и более – 2 | Фибрилляция предсердий в послеоперационном периоде: нет – 1, да – 2 |
| Индукция фибрилляции предсердий методом ЧПЭС: нет – 1, есть – 2 | Симптомы аритмии: нет – 1, есть – 2 |
| Тип аритмии: нет – 1, фибрилляция предсердий – 2, наджелудочковая экстрасистолия – 3, желудочковая экстрасистолия – 4, желудочковая тахикардия – 5, аритмии при WPW – 6, сочетание – 7 | |

Рисунок 3 – Предположительно значащие параметры для прогнозирования развития фибрилляции предсердий после операции радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка у больных с типичным трепетанием предсердий

Математическая модель

С учетом описанного выше преобразования данных i -е наблюдение может быть представлено в виде соответствия k -мерного вектора $P_i = (p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_k})$ исходных данных бинарному показателю, отражающему факт возникновения либо невозникновения исследуемого исхода на текущий момент времени. Его можно рассматривать как булеву функцию $r_i = f_i(p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_k})$, где r_i и f_i принимают значения «истина» либо «ложь».

Учитывая, что каждый из показателей приведен к натуральному числу, характеризующему качественное значение соответствующего параметра, можно считать, что вместо вектора применяется число в системе счисления по основанию $M+1$, где M – максимально возможное число вариантов по всей совокуп-

ности предположительно значащих факторов. Каждой цифре данного числа будет соответствовать одна из компонент вектора P_i . Для рассматриваемого примера параметры данного вектора можно рассматривать как цифры в троичной системе счисления. При этом натуральными числами 1 и 2 будут кодироваться каждый из двух возможных вариантов значений параметра, имеющего качественную природу, а числу 0 будет сопоставляться вариант отсутствия информации о значении соответствующего показателя для данного эксперимента.

Для произвольной пары векторов из множества $\{P_i\}$ введем понятие меры, характеризующей степень близости указанных векторов, под которой мы будем понимать количество их соответствующих компонент с различными значениями. Если бы в исходных дан-

ных отсутствовали пробелы, т.е. для каждого параметра каждого из экспериментов его значение было бы равно 1 или 2, то для рассматриваемого примера меру $D[P_i, P_j]$ для векторов P_i и P_j можно было бы выразить в виде следующей формулы:

$$D[P_i, P_j] = \sum_{t=1}^k |P_{i_t} - P_{j_t}| \quad (1)$$

$$D[P_i, P_j] = \sum_{t=1}^k d(P_{i_t}, P_{j_t}), \text{ где } d(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \cdot y = 0 \\ |x - y|, & \text{если } x \cdot y \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

2. Определить, что если значение t -й компоненты хотя бы одного из сопоставляемых векторов равно 0, то по данной компо-

$$D[P_i, P_j] = \sum_{t=1}^k d(P_{i_t}, P_{j_t}), \text{ где } d(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \cdot y = 0 \\ |x - y|, & \text{если } x \cdot y \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Очевидно, что первый вариант уточнения является более «жестким», поскольку вывод о совпадении некоторых компонент двух векторов делается лишь в случае, когда отсутствует неопределенность относительно обоих их значений. Соответственно, мера, выражаемая формулой (2), позволит делать более точный прогноз. Вместе с тем, в условиях наличия в распоряжении исследователя сравнительно небольшого числа наблюдений, среди которых заметную долю могут составлять «неполные» вектора с исходными данными (т.е. содержащие нули в одной или нескольких компонентах), может оказаться, что подобный «жесткий» подход к получению меры близости двух векторов не позволит обнаружить ни одного совпадения (или даже просто близкой пары) при сравнении анализируемого вектора значений с содержащимися в списке имеющихся наблюдений.

С учетом данного обстоятельства в ходе анализа исходных данных предполагается использовать оба варианта получения меры по

Однако с учетом упомянутой неопределенности имеются, как минимум, два варианта уточнения данной формулы:

1. Полагать, что если значение t -й компоненты хотя бы одного из сопоставляемых векторов равно 0, то по данной компоненте они отличаются. Тогда вместо формулы (1) следует применить такую зависимость:

ненте они совпадают. Тогда формула (1) может быть заменена на следующую:

следующему правилу. Если в ходе «жесткого», т.е. на основе меры (2), сравнения анализируемого вектора с содержащимися в списке наблюдений не было обнаружено ни одного вектора, отличающегося от анализируемого менее чем в $X_2=5$ компонентах, то сравнение производится по «мягкому» варианту. Иными словами, менее строгий вариант применяется лишь в случае, когда вследствие недостаточности исходных данных невозможно использовать более точный способ сравнения.

Напомним, что формулы (2) и (3) применимы к наиболее простой ситуации, когда каждая из компонент векторов наблюдений может принимать одно из двух значений (не считая случая, когда ее значение не определено). Для общего варианта, когда некоторые компоненты могут принимать большее число значений, следует руководствоваться формулами (4) и (5) соответственно для «жесткого» и «мягкого» вариантов сравнения.

$$D[P_i, P_j] = \sum_{t=1}^k d(P_{i_t}, P_{j_t}), \text{ где } d(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \cdot y = 0 \\ 0, & \text{если } x \cdot y \neq 0 \text{ и } x = y \\ 1, & \text{если } x \cdot y \neq 0 \text{ и } x \neq y \end{cases} \quad (4)$$

$$D[P_i, P_j] = \sum_{t=1}^k d(P_{i_t}, P_{j_t}), \text{ где } d(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \cdot y = 0 \\ 1, & \text{если } x \cdot y \neq 0 \text{ и } x \neq y \\ 0, & \text{если } x \cdot y \neq 0 \text{ и } x = y \end{cases} \quad (5)$$

Далее для пары векторов a и b , имеющих меру $M=D[a,b]$ мы также будем говорить, что вектор a (b) отстоит (или отличается) от вектора b (a) на M .

В ходе дальнейшей обработки данных с применением формул (4) и (5) определяется мера для пар, состоящих из анализируемого вектора и каждого из векторов наблюдений, результаты которых известны на момент анализа. Если мера больше либо равна $X_2=5$, то соответствующий вектор наблюдений из дальнейшего анализа исключается. В противном случае для каждого из оставшихся значений меры (от 0 до $X_2-1=4$ включительно) определяются вектора наблюдений, которые в паре с анализируемым вектором имеют соответствующую меру. Среди них подсчитывается число неблагоприятных исходов и вычисляется интегральный показатель количества неблагоприятных исходов $S_{НИ}$ по следующей формуле:

$$S_{НИ} = \sum_{t=0}^4 \frac{q_{опт\ t}}{2^t}, \quad (6)$$

где $q_{опт\ t}$ – количество неблагоприятных исходов для экспериментов, которым соответствуют векторы исходных данных, отстоящие от анализируемого вектора на t .

Аналогично вычисляется интегральный показатель общего числа наблюдений, близких к анализируемому вектору, $S_{набл.}$:

$$S_{набл.} = \sum_{t=0}^4 \frac{q_{набл.\ t}}{2^t}, \quad (7)$$

где $q_{набл.\ t}$ – количество экспериментов, которым соответствуют векторы исходных данных, отстоящие от анализируемого вектора на t .

Вероятность возникновения неблагоприятного исхода в анализируемом случае оценивается по следующей формуле:

$$P_{НИ} = \frac{S_{НИ}}{S_{набл.}} = \frac{\sum_{t=0}^4 \frac{q_{опт\ t}}{2^t}}{\sum_{t=0}^4 \frac{q_{набл.\ t}}{2^t}}, \quad (8)$$

Отметим, что формула (8) носит эмпирический характер, при ее составлении были реализованы следующие соображения:

1. Формула должна отражать отношение между количеством неблагоприятных исходов и общим числом имеющихся наблюдений, близких по значениям наблюдаемых параметров к анализируемому случаю.

2. «Вклад» исхода каждого отобранного (по признаку близости к анализируемому варианту) наблюдения в итоговое значение должен быть тем больше, чем выше эта близость.

Изложенная методика была реализована в виде программы для ЭВМ на языке программирования Python 3.2, подготовка исходных данных произведена в программе Calc из пакета LibreOffice 3.6. Необходимость программной реализации данной методики была обусловлена не только желанием повысить скорость и достоверность проводимых расчетов, но и стремлением обеспечить немедленный учет при прогнозировании последних полученных данных, т.е. сведений об операциях радиочастотной абляции по поводу трепетания предсердий, которые будут проводиться после написания данной статьи. Кроме того, программная реализация методики позволяет адекватно учесть временной фактор, а именно: динамически отслеживать период положительных последствий, который будет тем продолжительнее, чем дальше отстоит по времени момент проведения расчетов от даты каждой операции, сведения о которой содержатся в информационной базе.

Проверка достоверности метода

В целях проверки достоверности модели был проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого из множества имеющихся 113 результатов наблюдений последовательно удалялись (по одному) векторы исходных данных и, базирясь на оставшихся 112 результатах, с применением изложенной методики прогнозировался исход для изъятых вектора наблюдаемых параметров. Если по

результатам расчетов вероятность неблагоприятного исхода была 0,5 и более, то предполагаемый исход считался отрицательным, в противном случае – положительным. Полученный по итогам применения изложенной методики прогноз сопоставлялся с реальным наблюдаемым результатом для соответствующего пациента. В 106 случаях из 113 произошло совпадение прогнозируемого и фактического исхода, т.е. для данной совокупности исходных данных достоверность применяемого метода составила 94%. Несмотря на то, что подобный показатель качества прогнозирования является весьма высоким, хотелось бы несколько подробнее проанализировать те 7 наблюдений, в которых прогнозируемый результат не совпал с фактическим.

В одном случае имеется весьма неблагоприятный прогноз: обнаружено 7 полных совпадений параметров анализируемого случая с наблюдаемыми и во всех 7 случаях у пациентов диагностировалось данное заболевание; 6 векторов из базы наблюдений отстоят от анализируемого на 1, из них в 4 случаях исход был неблагоприятным; из 15 векторов, отстоящих от исследуемого на 2, в 10 случаях спустя некоторое время после операции возникла фибрилляция предсердий. Тем не менее, фибрилляция предсердий у данного пациента не была диагностирована.

Несмотря на то, что по формальным признакам данный прогноз был отнесен к ошибочным, в данном случае нельзя оставить без внимания тот факт, что операция радиочастотной абляции была проведена за три месяца до написания данной статьи. Вследствие этого можно заключить, что период послеоперационного наблюдения слишком мал для того, чтобы с уверенностью отнести данный негативный прогноз к неверным.

В другом эпизоде «ошибочного» прогноза рассчитанная на основе изложенного метода вероятность неблагоприятного исхода равнялась ровно 0,5. Отметим, что всего в пяти случаях из 113 вычисленная вероятность находилась в «малодостоверном» интервале от

0,4 до 0,6, при этом в четырех случаях прогноз оказался верным, в одном – «неверным». Слово «неверным» взято здесь в кавычки, поскольку, вообще говоря, вероятность 0,5 подразумевает равные шансы как благоприятного, так и неблагоприятного исхода.

Остальные 5 прогнозов, которые в соответствии с изложенной методикой отнесены к ошибочным, имеют следующий общий признак: в имеющейся информационной базе с результатами наблюдений не обнаружено ни одного вектора, совпадающего с анализируемым, а также весьма малое число незначительно отстоящих от него. Так, в одном случае не нашлось векторов, отстоящих от анализируемого менее чем на 5, в одном случае – менее чем на 4, в двух случаях – менее чем на 3, наконец, в последнем – единственный вектор, отстоящий от анализируемого на 1.

Это позволяет обоснованно предположить, что недостоверность прогнозов в рассмотренных пяти случаях (4% от общего числа наблюдений) связана с малой информационной базой и отсутствием в ней близких с точки зрения применяемого метода векторов наблюдений. В свою очередь незначительный объем сведений о прооперированных пациентах связан с тем, что операция радиочастотной абляции проводится в военных госпиталях в течении сравнительно непродолжительного времени (около 12 лет). По мере наполнения базы наблюдений достоверность прогноза должна возрасти.

Хотелось бы отметить, что сравнительно небольшой объем собранных на сегодняшний день данных о проведенных операциях имеет, тем не менее, одно существенное преимущество по сравнению с аналогичными, пусть и более объемными, сведениями, находящимися в распоряжении некоторых иных лечебных центров. Оно заключается в том, что каждый из пациентов, сведения о котором содержатся в данной информационной базе, отслеживается врачом, проводившим операцию, до настоящего времени, чему способствует, в частности, специфика военного здравоохра-

нения. Тем самым исключаются случаи, нередкие в крупных многопрофильных медицинских центрах, когда, например, умершие вне данных лечебных заведений или продолжающие лечение в иных медицинских учреждениях пациенты продолжают числиться в их базах данных как не обращавшиеся повторно, необоснованно повышая показатели успешности лечения.

Перспективы развития метода

Авторы полагают, что по мере накопления данных о проводимых операциях радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка у больных с типичным трепетанием предсердий станет возможным не ограничиваться определением вероятности возникновения отрицательного исхода, но и с высокой степенью достоверности определять математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение времени возникновения фибрилляции предсердий после операции радиочастотной абляции по поводу трепетания предсердий. При этом должны быть применены полностью аналогичные методические подходы: кластеризация исходных данных по каждому из наблюдаемых параметров, определение близких (в смысле введенной меры) векторов параметров имеющихся наблюдений, статистический анализ их известных исходов (с учетом коэффициента, характеризующего степень близости каждого вектора к анализируемому).

Следует также отметить, что применительно к конкретным задачам могут быть изменены эмпирические значения параметров X_1 (предельное количество наблюдений, имею-

щих конкретное значение того или иного показателя, при котором такое значение в ходе анализа не учитывается как недостаточно репрезентативное), X_2 (величина «окрестности» анализируемого вектора, из которой берутся вектора имеющихся наблюдений для дальнейшего анализа, а при отсутствии в ней таких векторов вместо «жесткого» варианта меры применяется ее «мягкий» вариант). Кроме того, может быть уточнен вид эмпирических формул (6) и (7), в частности, заменено основание степени в знаменателях (в рассмотренном случае – 2). Повышение данного параметра будет означать снижение прогнозной значимости результатов наблюдений, вектора исходных данных которых имеют большую меру в паре с анализируемым, по сравнению с векторами, обладающими меньшей мерой. Отметим, что для рассмотренного в настоящей статье примера применения описанного метода изменение основания степени в формулах (6) и (7) не дало сколько-нибудь значимого улучшения либо ухудшения качества прогноза. Причем последнее оказалось справедливым как для увеличения, так и для уменьшения данного параметра.

Еще одним направлением совершенствования изложенной методики могло бы стать обоснование границ области недостоверных прогнозов, т.е. такого соотношения анализируемых исходных данных и имеющихся в информационной базе результатов наблюдений, при котором достоверность прогноза находится ниже некоторого заданного порогового значения. Данную проблему авторы планируют рассмотреть в специальной статье.

В.Г.Найденов, доктор технических наук,
старший научный сотрудник
А.Н.Щукин, кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Методика планирования и проведения натурных экспериментов экстремального типа для реализации эффективной стратегии испытаний сложных информационно-управляющих систем

Приведенная в статье методика планирования и проведения натурных экспериментов экстремального типа для реализации эффективной стратегии испытаний сложных информационно-управляющих систем (ИУС) позволяет провести научно - обоснованное планирование и реализацию натурных экспериментов при испытаниях сложных ИУС. Методика позволяет определить оптимальные условия проведения испытаний, при которых следует оценивать ту или иную техническую характеристику сложной ИУС с целью достижения максимальной боевой или эксплуатационной эффективности испытываемой информационно-управляющей системы.

Введение

Особенность современного этапа развития отечественной экспериментально-испытательной базы по отработке сложных информационно-управляющих систем (ИУС) состоит в том, что основные ее технико-экономические показатели в рамках используемых схемных, программных и технологических решений достигли своих предельных значений. В этих условиях для дальнейшего повышения эффективности испытаний необходимо внедрение технологических инноваций [2].

Одной из таких технологических инноваций является дальнейшее развитие опытно-теоретического метода испытаний сложных технических систем, отдельные положения которого изложены в работах [9, 10].

В данной статье рассматривается одно из положений опытно-теоретического метода, касающееся научно-обоснованного планирования натурных испытаний сложных информационно-управляющих систем.

Как известно, планирование сложного натурного эксперимента включает в себя несколько следующих этапов [1, 4]:

обоснованный выбор вектора значимых факторов, влияющих на функционирование испытываемого образца информаци-

онно-управляющей системы и средств обеспечения ее испытаний;

выбор целевой функции планирования эксперимента (критерия оптимальности) и соответствующего ей законов изменения значимых факторов в эксперименте (плана эксперимента);

определение порядка реализации плана натурного эксперимента одним или несколькими средствами обеспечения испытаний;

обоснование адекватного алгоритма совместной обработки результатов внутрисистемных измерений образцов ИУС и результатов измерений, полученных от средств обеспечения испытаний, с получением искомым оценок технических характеристик испытываемых ИУС.

Реализация таких этапов однозначно определяет стратегию проведения натурных экспериментов при испытаниях сложных ИУС.

При определении целевой функции планирования натурных экспериментов необходимо учитывать, что задачи испытаний образцов сложных ИУС можно решать, поставив один из нескольких типов экспериментов.

Так, возможен экстремальный эксперимент, задача которого состоит в нахождении таких комбинаций значений составляющих

вектора F факторного пространства, при которых оцениваемая техническая характеристика испытываемой ИУС принимает следующие значения [7]:

максимальное или минимальное – при определении наилучших или наихудших условий функционирования испытываемой ИУС;

заданное в техническом задании на испытываемую ИУС, когда необходимо провести поиск наилучших сочетаний значений факторов вектора F , определяющих качество работы образца ИУС при заданных входных воздействиях.

Имеет также место натурный эксперимент по проверке конкретной статистической гипотезы о закономерности поведения той или иной технической характеристики сложной ИУС, а также может проводиться и отсеивающий эксперимент по выделению значимых и незначимых для той или иной характеристики сложной ИУС факторов входных воздействий и параметров испытываемой системы.

При планировании испытаний образцов ИУС наибольший интерес представляют эксперименты экстремального типа. Это связано с тем, что для проведения эффективных испытаний образцов ИУС необходимо знать конкретные значения факторов, при которых имеют место минимальное или максимальное значения оцениваемых технических характеристик ИУС. Поэтому эксперименты экстремального типа позволяют определить оптимальные условия проведения натуральных экспериментов, когда наблюдается максимальная эффективность испытываемой сложной системы.

Такие виды экспериментов, применяемых при испытаниях сложных ИУС, в технической литературе описаны очень поверхностно. При этом в литературе не рассматривается обработка результатов таких натуральных экспериментов, не рассматривается стратегия проведения повторных экспериментов для достижения оптимальных условий проведения ис-

пытаний, а также не приводятся решающие правила, позволяющие определить конкретные значения оптимальных условий проведения натуральных испытаний образцов ИУС.

Поэтому целью этой статьи является разработка достаточно подробной методики планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа, описывающей процесс поиска оптимальных условий проведения натуральных экспериментов и позволяющей организовать проведение эффективных испытаний образцов сложных ИУС.

Методический подход к планированию натуральных экспериментов экстремального типа при испытаниях сложных ИУС

Известно, что качество проведения испытаний сложных ИУС зависит от ряда внешних по отношению к этой системе факторов, а также внутренних факторов и параметров, характеризующих такие системы.

Так, например, при испытаниях радиолокационных станций (РЛС) значимыми факторами и параметрами при оценке шумовой составляющей погрешности измерения станцией координат целей являются: отношение сигнал-шум на входе приемника, пространственное положение цели в зоне РЛС относительно точки ее стояния, скорость цели, эффективная отражающая поверхность (ЭПР) цели, дисперсия флюктуаций ЭПР цели, корреляционная функция ЭПР цели, длина волны РЛС, ширина дискриминационной характеристики РЛС, постоянная величина фильтра сглаживания результатов единичных измерений координат цели и т. д. [7].

Как видно, одна часть этих факторов непосредственно характеризует внутренние возможности РЛС, а другая часть определяет внешние параметры по отношению к испытываемой РЛС.

В математическом виде задача проведения натурального эксперимента экстремального типа при оценке параметра θ испытываемой сложной ИУС может быть записана в виде.

$$\text{Определить } F_{opt} = \underset{F \in \Phi}{\text{Arg min}} \tilde{\Theta}(F, b) \text{ или } F_{opt} = \underset{F \in \Phi}{\text{Arg max}} \tilde{\Theta}(F, b) \quad (1)$$

$$\text{при ограничениях } F_{kmin} \leq F_{kv} \leq F_{kmax}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где F – вектор значимых факторов, влияющих на значения оценок модели параметра испытываемой ИУС ($\tilde{\Theta}$);

Φ – область изменения вектора F ;

b – вектор параметров модели $\tilde{\Theta}$ оцениваемой характеристики ИУС;

F_{kmin}, F_{kmax} – соответственно минимальное и максимальное натуральное значение фактора F_k ;

K – количество значимых факторов.

Для случая проведения натуральных экспериментов по оценке среднеквадратической погрешности оценки радиолокационной станцией вектора R координат цели ($\Xi_R = [\sigma_x \sigma_y \sigma_z]^T$) математическая задача проведения эксперимента экстремального типа по эффективной оценке параметра Ξ_R испытываемой РЛС может быть записана в виде.

Определить $F_{opt} = Arg \min_{F_{РЛС} \in \Phi_{РЛС}} Sp(diag \Xi_R)$ при ограничениях $F_{РЛС k min} \leq F_{РЛС k} \leq F_{РЛС k max}, k = \overline{1, K}$,

где $diag \Xi_R$ – диагональная матрица, построенная из элементов матрицы Ξ_R , а $Sp(diag \Xi_R) = \phi(F_{РЛС}, b_{РЛС})$ – след этой диагональной матрицы;

$F_{РЛС}$ – вектор значимых факторов, влияющих на значение вектора Ξ_R ;

$b_{РЛС}$ – вектор параметров модели погрешности оценки РЛС координат цели;

$F_{РЛС k min}, F_{РЛС k max}$ – соответственно минимальное и максимальное натуральные значения фактора $F_{РЛС k}$.

Задача (1) представляет собой нелинейную задачу математического программирования, решение которой может быть найдено путем итерационного процесса поиска оптимального значения вектора факторов F , при котором наблюдается экстремальное значение оцениваемой характеристики сложной ИУС.

Важным этапом планирования натуральных экспериментов при испытаниях сложных ИУС является конкретизация состава вектора F значимых факторов и параметров для каждой из оцениваемых характеристик ИУС. Эту задачу, как правило, решают в два этапа. Сначала, воспользовавшись результатами общетеоретических исследований разрабатываемой ИУС, следует выбрать предварительную структуру вектора F . Затем с учетом конкретных данных по испытываемой ИУС, а также результатов ранее проведенных по этой системе экспериментальных работ и моделирования проводится окончательное определение структуры вектора F .

При проведении натуральных экспериментов экстремального типа в качестве целевой функции оптимизации $\tilde{\Theta}(F, b)$ выбирают модель, описывающую конкретную оцениваемую техническую характеристику испытываемой ИУС, на основании имеющейся априорной информации о такой информационно-управляющей системе.

Вид модели целевой функции необходимо выбирать, исходя из стратегии проводимого эксперимента, в качестве которой в нашем случае, является возможность предсказывать направление проведения дальнейших повторных натуральных экспериментов с целью минимизации или максимизации целевой функции эксперимента.

При этом в некоторой области, в которую входят и координаты выполненных экспериментов, предсказанное с помощью модели целевой функции значение оцениваемой характеристики не должно отличаться от фактического значения больше, чем на некоторую заранее заданную величину. В этом случае такая модель называется адекватной.

Исходя из отмеченной выше цели эксперимента, для описания целевой функции можно использовать линейную регрессионную модель вида

$$\tilde{\Theta}(F, b) = b_0 + \sum_{k=1}^K b_k F_k + \sum_{k \neq d} b_{kd} F_k F_d + b_{dg} F_k F_d F_g, \tag{3}$$

где K – количество значимых факторов;

b_0, b_{kd}, b_{kdg} – коэффициенты регрессионной модели.

По статистической информации, полученной в результате проведения многофакторного эксперимента, могут быть с использованием метода наименьших квадратов получены оценки коэффициентов регрессионной модели (3). Кроме того, с использованием методов оптимизации первого порядка можно определить стратегию проведения дальнейших натурных экспериментов.

Следующим важным этапом реализации стратегии натурных экспериментов экстремального типа является построение плана проведения многофакторного эксперимента.

Если при планировании многофакторного эксперимента предусматривается осуществлять все возможные и неповторяющиеся комбинации, то в этом случае имеет место планирование полного факторного эксперимента. На практике часто можно ограничиться реализацией матрицы планирования, содержащей лишь часть полного эксперимента. При этом может быть сокращено количество натурных экспериментов в ущерб точности оценки коэффициентов регрессионной модели.

При построении ортогонального плана многофакторного эксперимента необходимо провести нормирование значимых факторов, то есть перевести натуральные их значения ($F_k, k=\overline{1, K}$) в безразмерные величины ($f_k, k=\overline{1, K}$). Преобразование натуральных значений факторов в безразмерные величины осуществляется с помощью операции нормирования факторов [1, 6]:

$$f_k = \frac{F_k - F_{0k}}{\Delta F_k}, \quad k = \overline{1, K} \quad (4)$$

где $F_{0k} = 0,5(F_k^{(H)} + F_k^{(B)})$ – основной уровень k -го фактора;

$\Delta F_k = 0,5(F_k^{(B)} - F_k^{(H)})$ – интервал варьирования фактора F_k в натуральных единицах;

$F_k^{(B)}, F_k^{(H)}$ – соответственно верхнее и нижнее натуральное значения k -го фактора при построении плана факторного эксперимента.

В этом случае, при изменении фактора F_k в пределах от $F_k^{(H)}$ до $F_k^{(B)}$ значение f_k изменяется в пределах от -1 до +1. Упорядоченная совокупность численных значений факторов, соответствующая условиям проведения опыта, рассматривается, как точка факторного пространства, координатные оси которого соответствуют факторам.

Для плана полного факторного экспериментов число N всех неповторяющихся комбинаций из K рассматриваемых независимых переменных, имеющих по два уровня, будет равно $N = 2^K$. Так, матрица планирования для сочетаний различных уровней независимых переменных при $K=3$ будет иметь вид, представленный в таблице 1.

В случае, когда взаимодействия второго и выше порядка отсутствуют или малы, целесообразно реализовать матрицу планирования, содержащую лишь часть полного факторного эксперимента, т.е. провести дробный факторный эксперимент.

Правильно выбранный дробный факторный эксперимент может существенно сократить число планируемых наблюдений.

Так, пусть, например, рассматривается уравнение регрессии для трех факторов. Очевидно, что при построении полного факторного эксперимента необходимо было бы предусмотреть проведение восьми опытов. Если же приравнять f_3 двойному взаимодействию $f_1 f_2$, то число опытов можно свести к четырем, что соответствует линейному уравнению регрессии вида:

$$\tilde{\Theta}(F, b) = b_0 + b_1 f_1 + b_2 f_2 + b_3 f_3,$$

с матрицей планирования, представленной в таблице 2.

При использовании дробных факторных планов в зависимости от наличия предварительных сведений можно получить полуреплики, сокращающие вдвое число опытов по сравнению с полным факторным экспериментом, или четверть реплики, уменьшающие число опытов в 4 раза, и т.д. Конечно, качество оценки модели оцениваемой характери-

стики (функции отклика), получаемой с помощью дробного факторного эксперимента, зависит от правильности априорной информации, т.е. от правильности списка включаемых в модель факторов и их взаимодействий. Если какая-либо переменная, влияющая на функцию отклика, не включена в этот список,

обычно не удастся построить работоспособную модель. Последнее обстоятельство должно быть выявлено при анализе качества найденной модели. В ходе этого анализа может быть принято решение о построении более сложной и точной модели при соответствующем увеличении числа опытов.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента при K=3

| Номер опыта | Значения факторов и функции отклика | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------------|------------------|
| | f_0 | f_1 | f_2 | f_3 | f_1f_2 | f_1f_3 | f_2f_3 | $f_1f_2f_3$ | $\hat{\Theta}$ |
| 1 | +1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | +1 | -1 | $\hat{\Theta}_1$ |
| 2 | +1 | +1 | -1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | $\hat{\Theta}_2$ |
| 3 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | +1 | -1 | +1 | $\hat{\Theta}_3$ |
| 4 | +1 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | -1 | $\hat{\Theta}_4$ |
| 5 | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1 | +1 | $\hat{\Theta}_5$ |
| 6 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | $\hat{\Theta}_6$ |
| 7 | +1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1 | +1 | -1 | $\hat{\Theta}_7$ |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | $\hat{\Theta}_8$ |

Обработка результатов факторных экспериментов при определении оптимальных условий проведения испытаний сложных информационно-управляющих систем

Начальным этапом обработки результатов факторных экспериментов является оценивание коэффициентов регрессионной модели оцениваемого параметра ИУС по результатам проведения факторных экспериментов.

При обработке экспериментальных данных, полученных при проведении факторных экспериментов, может быть применен метод

наименьших квадратов как эффективный и простой способ получения оценок коэффициентов уравнения регрессии [1, 6]. При этом должны выполняться следующие предпосылки: независимые переменные f_i , входящие в уравнение регрессии, должны достаточно точно поддерживаться на определенных уровнях, а наблюдаемые значения функции отклика $\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2, \dots, \hat{\Theta}_N$ по данным N опытов представляют собой независимые и нормально распределенные случайные величины.

Таблица 2 – Матрица проведения дробного факторного эксперимента

| Номер опыта | Значения факторов | | | | Номер опыта | Значения факторов | | | |
|-------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | f_0 | f_1 | f_2 | f_3 | | f_0 | f_1 | f_2 | f_3 |
| 1 | +1 | -1 | -1 | +1 | 3 | +1 | -1 | +1 | -1 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | -1 | 4 | +1 | +1 | +1 | +1 |

Полученный в результате опытов ограниченный статистический материал дает возможность определить лишь оценки $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \dots, \hat{b}_k$ теоретических коэффициентов регрессии

b_0, b_1, \dots, b_k , справедливых для некоторой гипотетической совокупности состоящей из всех мыслимых опытов.

Тогда уравнение регрессии, полученное на основании N опытов, записывается следующим образом:

$$\hat{\Theta}(F, b) = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 f_1 + \dots + \hat{b}_k f_k, \quad (5)$$

где $\hat{\Theta}(F, b)$ – оцененная гиперплоскость в области проведения факторного эксперимента, позволяющая аппроксимировать в этой области модель оцениваемой характеристики ИУС.

Согласно методу наименьших квадратов [1, 3] находятся такие значения оценок \hat{b}_k величин b_k , которые минимизируют сумму квадратов отклонений (невязок) ε_n опытных точек от величин, предсказанных регрессионным уравнением (5), то есть которые минимизируют функционал вида

$$G = \sum_{n=1}^N \varepsilon_n^2 = \sum_{n=1}^N \left(\hat{\Theta}_n - \sum_{k=0}^K \hat{b}_k f_{kn} \right)^2.$$

Условия минимальности для суммы квадратов отклонений находятся путем приравнивания нулю частных производных от G по параметрам \hat{b}_k .

$$\begin{aligned} \frac{\partial G}{\partial \hat{b}_1} &= \frac{\partial}{\partial \hat{b}_1} \left(\sum_{n=1}^N \left(\hat{\Theta}_n - \sum_{k=0}^K \hat{b}_k f_{kn} \right)^2 \right) = 0; \\ \frac{\partial G}{\partial \hat{b}_2} &= \frac{\partial}{\partial \hat{b}_2} \left(\sum_{n=1}^N \left(\hat{\Theta}_n - \sum_{k=0}^K \hat{b}_k f_{kn} \right)^2 \right) = 0; \\ &\dots \\ \frac{\partial G}{\partial \hat{b}_K} &= \frac{\partial}{\partial \hat{b}_K} \left(\sum_{n=1}^N \left(\hat{\Theta}_n - \sum_{k=0}^K \hat{b}_k f_{kn} \right)^2 \right) = 0. \end{aligned}$$

Проведя соответствующие преобразования, получим уравнение в матричной форме для определения величин \hat{b}_k в виде

$$X^T X \hat{B} = X^T \hat{\Theta}.$$

Откуда получим выражение для вектора \hat{B} оценок коэффициентов уравнения регрессии в виде [8]

$$\hat{B} = (X^T X)^{-1} X^T \hat{\Theta}, \quad (6)$$

где X – матрица факторного эксперимента;

$\hat{\Theta}$ – вектор результатов оценок конкретной характеристики ИУС в точках плана факторного эксперимента.

Важным этапом обработки результатов многофакторного эксперимента является проверка регрессионной модели на адекватность.

Для проверки регрессионной модели на адекватность изучается разность между экспериментальным значением функции отклика и значением, предсказанным по уравнению регрессии в некоторых точках факторного пространства. В качестве этих точек могут быть взяты как точки плана, так и добавочные проверочные точки.

Так, адекватность модели может быть проверена по критерию χ^2 . Рассчитанные значения критерия χ^2 при одинаковом числе повторных наблюдений во всех точках плана определяются по формуле [3, 6]

$$\chi^2 = \frac{R \sum_{j=1}^{2K} (\ddot{\Theta}_{Rj} - \tilde{\Theta}_j)^2}{\sigma_2} \{ \Theta \}, \quad (7)$$

где $\ddot{\Theta}_{Rj}$ – среднее арифметическое значение отклонения измерений характеристики ИУС в R параллельных опытах в j -ой точке плана эксперимента;

$\tilde{\Theta}_j$ – предсказанное по уравнению регрессии значение отклика в этом опыте в j -ой точке плана эксперимента;

$\sigma^2 \{ \Theta \}$ – дисперсия ошибки воспроизводимости эксперимента по оценке характеристики Θ сложной ИУС.

Значение дисперсии $\sigma^2 \{ \Theta \}$ оценивается по следующей формуле:

$$\sigma^2 \{ \Theta \} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^{2K} (\tilde{\Theta}_{nj} - \ddot{\Theta}_{Rn})^2}{N(R-1)},$$

где $\tilde{\Theta}_{nj}$ – значения оценки модели характеристики ИУС в j -ом опыте для n -ой строки многофакторного эксперимента;

N – количество строк в многофакторном эксперименте.

Гипотеза адекватности модели отвергается, если рассчитанное согласно (7) значение критерия χ^2 превосходит табличное $\chi^2(\alpha, \beta)$ для выбранного значения значимости α и β степеней свободы.

Проверка коэффициентов уравнения регрессии на значимость для каждого коэффициента проводится независимо и может быть осуществлена по t -критерию Стьюдента.

Для проверки значимости k -го коэффициента по t -критерию используют следующую формулу [3]:

$$t_k = \frac{[\tilde{b}_k]}{\sigma\{b_k\}}, \quad (8)$$

где \tilde{b}_k – оценка k -го коэффициента уравнения регрессии;

$\sigma\{b_k\}$ – дисперсия оценки k -го коэффициента уравнения регрессии, которая определяется по следующей формуле

$$\sigma^2\{b_k\} = \frac{\sigma^2\{\Theta\}}{N} \cdot \sum_{u=1}^{\overline{K}} \chi_{ku}^2, \quad k = \overline{1, K}. \quad (9)$$

В формуле (9) χ_{ku} – величина, расположенная на пересечении k -го столбца и u -й строки матрица планирования эксперимента.

В этом случае коэффициент значим, если рассчитанное согласно (8) значение t_k -критерия превосходит критическое табличное значение $t(\alpha_1, \beta_1)$ при заданном α_1 и соответствующем числе степеней свободы β_1 .

В процессе испытаний сложных ИУС важное значение имеет правильное определения стратегии проведения повторных многофакторных экспериментов при выборе оптимальных условий оценки характеристик таких систем.

Для нахождения оптимальной стратегии проведения таких многофакторных экспериментов наиболее предпочтительным является метод крутого восхождения.

Предложенный в работе [11] и развитый в дальнейшем зарубежными и отечественными учеными метод крутого восхождения является одним из основных методов последовательной шаговой оптимизации. Крутое восхождение – это целенаправленное шаговое движение по поверхности функции отклика, которое обеспечивается использованием метода градиента в сочетании с дробным факторным экспериментом. Многофакторные

планы, используемые для линейного описания поверхности отклика в локальной области, являются оптимальными и обеспечивают оценку градиента с минимальной дисперсией.

Так как аналитический вид функции отклика обычно заранее неизвестен, то поверхность отклика в окрестности некоторой точки $F^{(0)}(f_1^{(0)}, f_2^{(0)}, \dots, f_k^{(0)})$ может быть аппроксимирована касательной гиперплоскостью вида

$$\tilde{\Theta}(F, b) = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 f_1 + \dots + \hat{b}_k f_k, \quad (10)$$

где \hat{b}_0 – значение функции отклика в точке $F^{(0)}$;

$$\hat{b}_k = \frac{\delta \tilde{\Theta}}{\delta f_k} - \text{определенные в точке } F^{(0)}$$

наклоны гиперплоскости в направлении осей соответствующих аргументов f_k .

Скорость изменения функции отклика будет наибольшей в направлении вектора градиента оцениваемой гиперплоскости, а сам градиент определяется формулой

$$\text{grad } \tilde{\Theta} = \frac{\delta \tilde{\Theta}}{\delta f_1} l_1 + \frac{\delta \tilde{\Theta}}{\delta f_2} l_2 + \dots + \frac{\delta \tilde{\Theta}}{\delta f_k} l_k,$$

где l_j – орты.

Таким образом, направление градиента совпадает с направлением наибольшего наклона гиперплоскости и определяется совокупностью величин $\frac{\delta \tilde{\Theta}}{\delta f_k}$, оценками которых являются коэффициенты \hat{b}_k . Это означает, что направление крутого восхождения полностью определяется коэффициентами уравнения гиперплоскости (10).

Изменение значений факторов f_1, f_2, \dots, f_k пропорционально оценкам коэффициентов уравнения регрессии $(\hat{b}_0, \hat{b}_1, \dots, \hat{b}_k)$ обеспечивает движение вдоль линии крутого восхождения, максимизируя величину отклика, а пропорционально коэффициентам, взятым с обратными знаками, минимизируя величину функции отклика.

Эффективность метода крутого восхождения в значительной степени зависит от правильной организации движения по градиенту. Суще-

ственным является не только рациональный выбор точек вдоль направления крутого восхождения, но и стратегия их реализации. Выбор стратегии определяется стоимостью опытов, их длительностью и условиями эксперимента.

Одним из эффективных методов регулирования шага движения по градиенту изменения функции отклика считается метод, который работает при различных унимодальных траекториях восхождения [5]. В этом алгоритме регулирование длины шага проводится на основании информации, полученной с точек траектории восхождения в процессе движения. Решение об изменении каждого следующего шага здесь принимается на основании количественного изменения функции отклика на предыдущих этапах.

Согласно приведенному в [5] алгоритму, последующий шаг $h^{(q+1)}$ определяется как:

$$h^{(q+1)} = h^{(0)} + \frac{V_q}{V_{q-1}} h^{(q)} \phi\left(\frac{V_q}{V_0}\right), \quad (11)$$

где $V_q = \frac{\tilde{\Theta}^{(q+1)} - \tilde{\Theta}^{(q)}}{h^{(q)}}$ – скорость изменения функции отклика на q -ом шаге проведения многофакторного эксперимента;

$h^{(q+1)}$ – наибольшая скорость до q -го шага;

$\phi\left(\frac{V_q}{V_0}\right)$ – функция от скорости изменения отклика на q -ом шаге по отношению к

наибольшей скорости на предыдущих шагах;

$h^{(0)}$ – наибольшая величина шага до q -го этапа поиска экстремума.

Второе слагаемое в (11) состоит из двух сомножителей. Первый из них $\frac{V_q}{V_{q-1}} h^{(q)}$ обес-

печивает увеличение шага, а второй $\phi\left(\frac{V_q}{V_0}\right)$ –

имеет более сложный характер. Вдали от экстремальной области он почти не влияет на изменение шага, а при приближении к экстремуму обеспечивает его уменьшение. Близость к экстремуму обнаруживается сравни-

тельно резким уменьшением V_q по отношению к V_0 .

Примером функции ϕ может служить $\phi\left(\frac{V_q}{V_0}\right) = \sqrt[2p]{\frac{V_q}{V_0}}$. Выбор $p=3$ обеспечивает существенное уменьшение второго слагаемого в (11) после достижения $\frac{V_q}{V_0} < 0,1$ вплоть до нуля.

Описанный алгоритм обеспечивает эффективное регулирование длины шага почти на всех траекториях, быстро проходя удаленные от экстремума прямолинейные участки траектории и концентрируя экспериментальные усилия в наиболее интересной, близкой к экстремуму области.

Наличие в оптимизационных задачах (1) системы ограничений (2) приводит к усложнению алгоритма поиска экстремума гиперповерхности, характеризующую функциональную зависимость оцениваемой характеристики ИУС от значений факторов, влияющих на эту характеристику.

Так, характер гиперповерхности, характеризующей оцениваемую характеристику ИУС, зависит от вида совокупности одномерных функциональных зависимостей оцениваемой характеристики системы от значений факторов, влияющих на нее. В случае, если в области ограничений гиперповерхности

$(F_{kmin} \leq F_k \leq F_{kmax}, k = \overline{1, K})$, рассматриваемые функциональные зависимости имеют унимодальный вид, то экстремум гиперповерхности будет находиться внутри области ограничений Ω задач вида (1). Если же такие функциональные зависимости будут иметь линейный, монотонно возрастающий или монотонно убывающий характеры, то экстремум гиперповерхности отклика будут лежать на одной или нескольких линейных границах области ограничений Ω .

В связи с этим при поиске экстремума гиперповерхности функции отклика с использованием метода крутого восхождения необходимо периодически проверять выполнение

условия минимального приближения центра области проведения текущего этапа многофакторного эксперимента $(F_q^{(0)})$ к границам области ограничений Ω решаемой задачи.

При выполнении условия, заключающегося в том, что расстояние l_q от значения вектора $F_q^{(0)}$ до одной из границ зоны ограничений Ω не превышает допустимой величины ε_0 , то есть $l_q \leq \varepsilon_0$, может быть принято решение об остановке процесса поиска экстремума гиперповерхности, характеризующей оцениваемую характеристику ИУС. При этом считается, что экстремум гиперплоскости лежит на одной из границ зоны ограничений Ω . Величина ε_0 зависит от требуемой точности оценки характеристики ИУС и величины варьирования факторов в процессе проведения итерационного многофакторного эксперимента.

Обобщенный алгоритм планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа при испытаниях сложных информационно-управляющих систем

Для более целостного понимания предлагаемой методики планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа для реализации эффективной стратегии испытаний сложных информационно-управляющих систем на рисунке 1 приведен обобщенный алгоритм планирования и проведения таких экспериментов.

Так, в блоке 1 алгоритма проводится ввод исходных данных, а в блоке 2 делается выбор типа и количества факторов и параметров, влияющих на величину оценки конкретной характеристики испытываемой ИУС.

В блоке 3 осуществляется формирование вектора F натуральных значений выявленных факторов и оценка области Φ изменения этого вектора, а в блоке 4 проводится нормирование рассматриваемых факторов в соответ-

ствии с выражением (4), а также выбор интервалов варьирования факторов.

Далее в блоке 5 проводится построение ортогонального плана дробного факторного эксперимента в виде полуреплики или четверти реплики от полного факторного эксперимента.

В блоке 6 делается выбор вида используемого уравнения регрессии, а также определение начального натурального значения вектора факторов $F^{(0)}$, откуда целесообразно начать поиск оптимальных условий проведения натуральных экспериментов.

Затем в блоках 8...11 алгоритма проводится реализация N опытов дробного факторного эксперимента с возможностью в случае необходимости реализации повторных опытов.

Оценка коэффициентов b_0, b_1, \dots, b_k регрессионной модели гиперплоскости, аппроксимирующей в точке проведения эксперимента функцию отклика (оцениваемую характеристику сложной информационно-управляющей системы), проводится в блоке 12 алгоритма в соответствии с выражением (6).

Далее в блоке 13 проводится проверка оцененной регрессионной модели на адекватность с использованием критерия χ^2 , а в блоке 14 алгоритма реализуется проверка коэффициентов $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \dots, \hat{b}_k$ регрессионной модели на значимость с использованием критерия Стьюдента.

В случае, если регрессионная модель не прошла проверку на адекватность, то в блоке 20 проводится корректировка плана факторного эксперимента с возможностью в случае необходимости изменения регрессионной модели оцениваемой характеристики ИУС. При выявлении незначимых коэффициентов в блоке 19 алгоритма проводится их исключение, что в последующем приводит к упрощению регрессионной модели и корректировке плана факторного эксперимента.

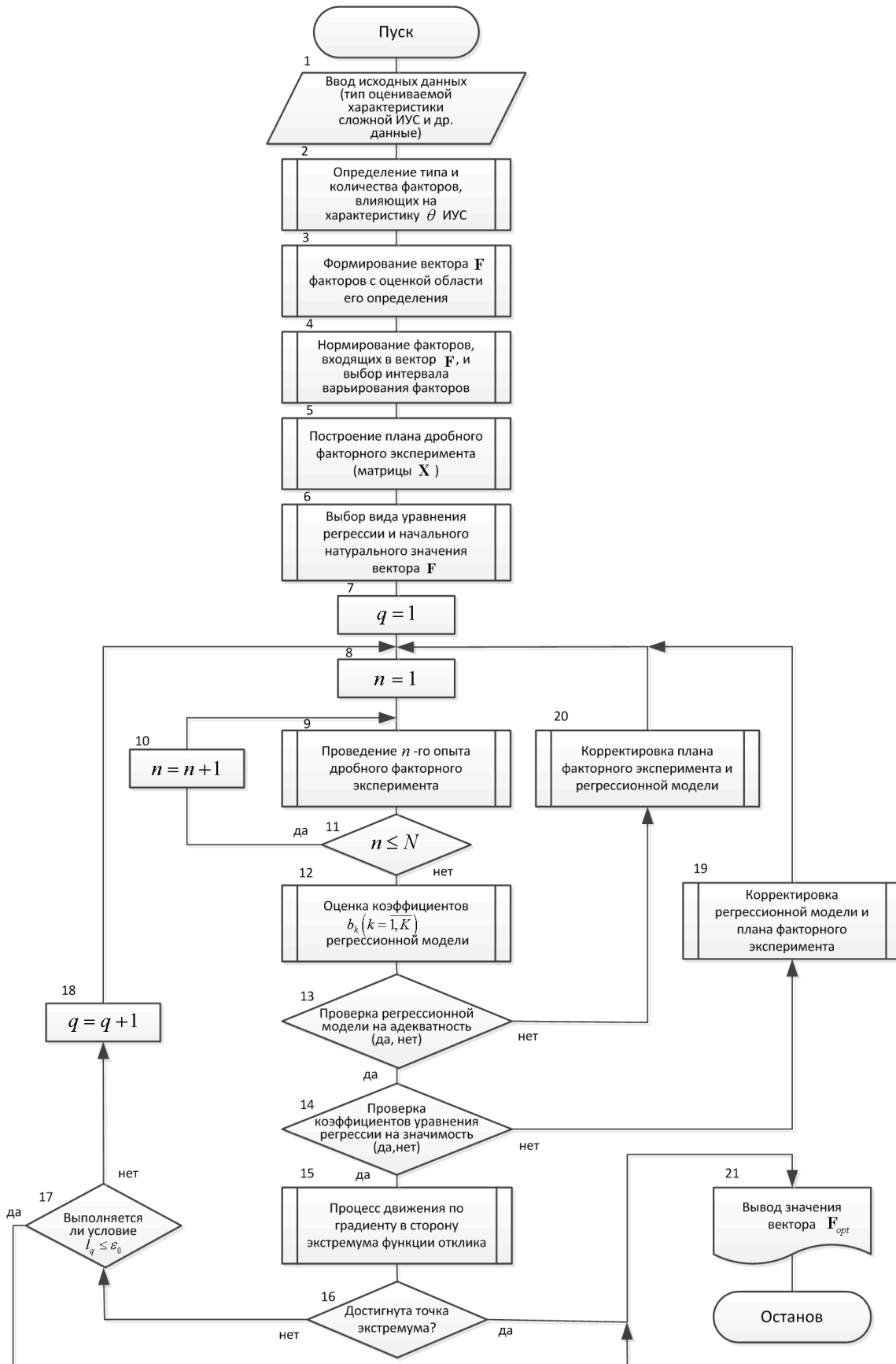


Рисунок 1 – Обобщенный алгоритм планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа

Далее в блоках 15...18 реализуется процесс поиска оптимальных значений вектора выбранных значимых факторов с использованием метода крутого восхождения с проверкой условия достижения точкой поиска одной из границ зоны ограничений задач (1), определяемой выражением (2). При достижении точки экстремума в блоке 21 алгоритма проводится вывод искомого значения вектора F_{opt} .

Таким образом, представленная в статье методика позволяет провести научно обоснованное планирование и реализацию натуральных экспериментов при испытаниях сложных

информационно-управляющих систем. При этом могут быть определены оптимальные условия проведения испытаний, при которых следует оценивать ту или иную техническую характеристику сложной ИУС с целью достижения максимальной боевой или эксплуатационной эффективности испытываемой информационно-управляющей системы.

В научном плане данная статья развивает одно из положений опытно-теоретического метода испытаний сложных информационно-управляющих систем, связанное с обоснованием правильной стратегии планирования и проведения отработки и испытаний новых образцов сложных систем.

Список использованных источников

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976.
2. Буренок В.М., Найденов В.Г. Требуется модернизация полигонов // Воздушно-космическая оборона. – 2009. – № 4.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Высшая школа, 2007.
4. Демидов Б.А. Теория и выводы военно-научных исследований вооружения и военной техники. – Харьков: Издание ВИРТА ПВО, 1990.
5. Зедгинидзе И.Г., Лобжанидзе Ш.С. Об одном алгоритме регулирования шага в оптимизационных процедурах. – Сообщение АН ГССР, 1970, 58, № 2.
6. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976.
7. Леонов С.А., Леонов С.А., Нагулинко Ф.В. Испытания РЛС (оценка характеристик). – М.: Радио и связь, 1990.
8. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. – М.: Наука, 1971.
9. Шаракшанэ А.С., Железнов И.Г. Испытания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1974.
10. Шаракшанэ А.С. и др. Сложные системы. – М.: Высшая школа, 1977.
11. Box G.T., Wilson K.B. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. – J. Roy. Statist. Soc., Ser. 1951.

Козирацкий Ю.Л., доктор технических наук, профессор
Луценко А.Д., доктор технических наук, профессор
Глушков А.Н., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Методический подход к определению рационального типажа лазерных средств оптико-электронного подавления

В материалах статьи изложен методический подход к определению рационального типажа лазерных оптико-электронного подавления. Подход основан на генерации потребного состава данных средств с использованием классификационных системообразующих показателей с последующим сокращением их сочетаний на основе формализованной логической непротиворечивости.

Оптико-электронное подавление (ОЭП), заключающееся в проведении мероприятий по подавляющему и дезинформирующему воздействию на оптико-электронные системы (ОЭС) противника, является одной из приоритетных задач при современном ведении боевых действий [1]. В этой связи одним из важнейших направлений создания новых, а также совершенствования принятых на вооружение образцов вооружения и военной техники (ВВТ) является разработка систем и средств ОЭП. Разнообразие ОЭС противника, а также объектов защиты от них обуславливает необходимость наличия потенциально широкого разнообразия типов техники защиты (т.е. типажа). Ограниченное финансирование, а также сжатые сроки создания образцов ВВТ определяют актуальность и практическую целесообразность определения рационального типажа средств ОЭП¹ для эффективной защиты объектов ВВТ от ОЭС противника. Типаж средств ОЭП может быть существенно сокра-

щен при использовании лазерных средств, являющихся более универсальными по сравнению с другими средствами.

В настоящее время основные принципы обоснования рационального типажа техники специального радиоэлектронного вооружения разработаны достаточно хорошо (см., например, [2, 3]). Они основаны на использовании системного подхода, направленного на создание унифицированных образцов техники, в соответствии с концепцией «генерация-анализ-выбор». Вместе с тем известные подходы не учитывают организационно-технические аспекты задач ОЭП и особенности функционирования лазерных средств. Это определяет необходимость развития результатов работ [2, 3] для определения рационального типажа лазерных средств ОЭП.

Цель настоящей работы – разработка методического аппарата для определения рационального типажа лазерных средств ОЭП.

При решении данной задачи будем исходить из следующего. Известны: перечень задач, возложенных на технику ОЭП и требуемый уровень эффективности их решения $W_{\text{треб}}$; объем ассигнований, выделяемых на разработку и закупку техники ОЭП A_3 ; перечень существующих и перспективных образцов тех-

1 Рациональный типаж средств ОЭП – минимальная номенклатура типов средств ОЭП, вводимых в эксплуатацию в заданные сроки при допустимых затратах на разработку, изготовление и эксплуатацию, и обеспечивающих решение задач ОЭП с требуемой эффективностью.

ники ОЭП и их ТТХ. Требуется определить: количество лазерных средств, обеспечивающих минимальную стоимость полных затрат на решение задач ОЭП $C_{\text{нпз}}$ при заданной эффективности. В соответствии с [2] данная задача может быть формализована следующим образом:

$$C_{\text{з опт}}^{\text{лс}} = \min_{n,r} C_{\text{нпз}} \left\{ C_3^{\text{лс}} \left[L_c \left(M(n,r) \right) \right] \right\}, \quad (1)$$

$$W_{\text{оэп}}^{\text{лс}} \left[L_c \left(M(n,r) \right) \right] \geq W_{\text{треб}}, \quad (2)$$

$$C_3^{\text{лс}} \left[L_c \left(M(n,r) \right) \right] \leq A_3, \quad (3)$$

$$V_{\text{лс}} \left[M(n,r) \right] \geq V_{\text{зад}}. \quad (4)$$

Здесь $C_3^{\text{лс}}$ – стоимость затрат на создание определенного типажа лазерных средств;

L_c – типаж лазерных средств ОЭП;

$M(n,r)$ – вариант унификации лазерной техники ОЭП, определяемый количеством однородных групп n и используемыми направлениями унификации r ;

$W_{\text{оэп}}^{\text{лс}}$ – реальное значение эффективности решения задач ОЭП при использовании лазерных средств.

Ограничение (2) означает, что в качестве вариантов типажа лазерной техники ОЭП, определяемых вариантом унификации $M(n,r)$, рассматриваются только те варианты, использование которых обеспечивает требуемый уровень эффективности решения задач ОЭП. Ограничение (3) учитывает возможности научно-исследовательских организаций и промышленности по разработке и серийному производству техники ОЭП с учетом выделенных ассигнований A_3 . Условие (4) показывает, что в качестве допустимых типов лазерных средств рассматриваются только те, технический уровень которых удовлетворяет предъявляемым требованиям $V_{\text{зад}}$ (например, весогабаритным ограничениям, энергопотреблению и т.д.).

Определение направлений унификации и соответствующих им вариантов типажа проводится на основе потребного типажа лазерной техники ОЭП, который может быть сформирован в два этапа [2, 3]. На первом этапе на основе системообразующих классифика-

ционных признаков генерируется полное поле типажа лазерной техники ОЭП. В таблице 1 представлен перечень системообразующих классификационных показателей и их значений для формирования полного поля типов лазерных средств. Он сформирован, исходя из организационно-технических аспектов и задач, решаемых техникой ОЭП для трех уровней разукрупнения: боевого, функционального и конструктивного. К классификационным признакам, определяющим типаж лазерных средств на боевом уровне разукрупнения, относятся: вид применения (А), мобильность техники (В), вид защиты (С), класс объектов защиты (D) и класс объектов подавления (Е). Формальная запись типа лазерного средства имеет вид: $S=(A,B,C,D,E)$. На этом уровне разукрупнения техника ОЭП рассматривается, как элемент системы вооружения, и работы по унификации сводятся к выбору оптимального числа типов образцов с точки зрения решаемых ими задач.

К классификационным признакам, определяющим типаж лазерных средств ОЭП (Q) на функциональном уровне разукрупнения, относятся: спектральный диапазон работы объектов подавления (K), класс транспортной базы объектов подавления (L), виды лазерного воздействия (N) и функциональные задачи ОЭП (O). Формальная запись типа средства в этом случае будет следующей: $Q=(S-K,L,N,O)$. Оставшиеся классификационные признаки (P) и (R) определяют типаж лазерных средств ОЭП на конструктивном уровне разукрупнения. При этом формальная запись типа средства (Y) имеет следующий вид: $Y=(Q-P,R)$.

Сочетание показателей с различными значениями представляет собой гипотетический типаж лазерных средств ОЭП. При этом в сгенерированном поле возможных типов лазерных средств могут присутствовать сочетания признаков, противоречащие здравому смыслу (несуществующие типы), например, подавление ИК ГСН ОЭС разведки.

Таблица 1 – Перечень системообразующих классификационных показателей, используемых при генерации типажа лазерных средств ОЭП

| Обозначение классификационного признака | Наименование признака | Список возможных значений | Соответствие признака уровню разукрупнения |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| A | Вид применения | A1-самостоятельного применения A2-применяются в составе комплексов ОЭП совместно с нелазерными средствами | Боевой уровень |
| B | Мобильность техники | B1-мобильная B2-переносная B3-стационарная | |
| C | Вид защиты | C1- групповая C2 - индивидуальная C3 – объектовая | |
| D | Класс объекта защиты | D1 – объекты ВВТ D2 - подразделения D3 – ПРО | |
| E | Класс объектов подавления | E1-ОЭС разведки E2-ОЭС управления и наведения оружия E3 – лазерные средства E4-ОЭС СНО | |
| K | Спектральный диапазон | K1- 0,2-0,4 мкм K2- 0,4-0,8 мкм K3- 0,8-2 мкм K4- 3-5 мкм K5-8-14 мкм | |
| L | Класс транспортной базы объекта подавления | L1 – наземные объекты L2 – ВЛА L3 – КА L4 – НК | |
| N | Вид воздействия | N1 – силовое N2- информационное | |
| O | Функциональные задачи ОЭП | O1-подавление ПНВ O2-подавление ТВС O3-подавление ИК ГСН O4-подавление ЛЛС O5-подавление ИК координаторов O6-подавление комбинированных ЛЛС O7-подавление комбинированных ОГСН O8-подавление МСП O9-подавление ЛГС | Конструктивный уровень |
| P | Класс транспортной базы размещения аппаратуры ОЭП | P1- наземные объекты P2- ВЛА P3- КА P4- НК | |
| R | Тип системообразующего элемента постановщика помех | R1-твердотельные лазеры с диодной накачкой R2-химические лазеры на кислороде и йоде R3-углекислотные газовые лазеры R4-полупроводниковые лазеры | |

Примечание: ПРО – пространственно распределенные объекты; СНО – самонаводящееся оружие; ВЛА – воздушные летательные аппараты; КА – космические аппараты; НК – надводные корабли; ПНВ – прибор ночного видения; ТВС – телевизионная система; ИК ГСН – инфракрасная головка самонаведения; ЛЛС – лазерно-локационная станция; ОГСН – оптическая головка самонаведения; МСП – многоспектральный прибор; ЛГС – лазерная головка самонаведения.

Поэтому на втором этапе проводится отбраковка типов, основанная на проверке на противоречивость или отсутствие смысла сочетаний классификационных признаков, определяющих типаж средств ОЭП. В результате отсеивания несуществующих и противоречивых сочетаний признаков формируется нужный типаж лазерных средств ОЭП, который является исходным для формирования однородных групп, в пределах которых возможна реализация различных направлений унификации. Отбор лазерных средств для включения в группу однородных должен проводиться по номенклатуре и значениям характеристик этих средств, показателям, определяющим качество их функционирования, а также по характеристикам, определяющим состав и функциональное назначение средств и их составных частей. Затем на основе (1-4) определяется технико-экономический эффект от реализации различных направлений унификации. Выбор состоит в оптимизации полученных на этапе анализа вариантов типажа лазерных средств ОЭП с точки зрения выбранного критерия. В общем случае это очень сложная задача, поскольку весьма затруднительно найти целевую функцию (1) из-за ее нелинейной зависимости от большого количества аргументов. С целью преодоления данной трудности для сокращения номенклатуры техники могут проводиться следующие мероприятия.

Сокращение потребной номенклатуры техники на боевом уровне разукрупнения

$$C_k b_{ki} + \sum_{j=1}^M c_{ijk} z_{ijk} \leq R_i,$$

$$\sum_{i=1}^N C_k b_{ki} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ijk} z_{ijk} \leq R_0,$$

$$T_k b_{ki} + \sum_{i=1}^L t_{ijl} z_{ijk} \leq T_i,$$

Здесь M – количество составных частей, допустимых к использованию в интересах модификации базового средства;

C_k – затраты на создание k -го базового средства;

возможно за счет разработки многофункциональных образцов при сохранении количества и качества решаемых задач. (Под многофункциональным комплексом ОЭП понимается комплекс, способный решать несколько задач ОЭП, которые решались или решаются отдельными образцами ОЭП самостоятельного применения.) На функциональном уровне разукрупнения основным направлением работ по унификации является выбор семейства (групп) образцов, которые целесообразно строить по базовому принципу [4]. Базовый образец должен обеспечивать создание модификаций за счет изменения числа или пространства сочетания различных составных частей. При этом необходимо обеспечить 60-70% совпадений предметной и функциональной структур со средствами однородной группы. Целевая функция, соответствующая минимизации номенклатуры составных частей z_{ijk} , используемых для модификации k -й базовой модели, имеет вид:

$$Z = \min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M z_{ijk}. \quad (5)$$

Здесь z_{ijk} равно 1, если j -я составная часть используется для создания i -го средства на основе модификации k -го базового средства, и 0 в противном случае. Это справедливо для $i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}; k = \overline{1, K}$.

$$\sum_{j=1}^M z_{ijk} = 1, \quad \sum_{i=1}^N z_{ijk} \geq 0.$$

Выражение (5) имеет смысл при выполнении следующих граничных условий.

$$i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}.$$

$$i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}, j = \overline{1, M}.$$

$$i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}.$$

c_{ijk} – затраты на модификацию k -го базового средства на основе j -й составной части при создании i -го средства;

R_i, R_0 – ассигнования, выделяемые соответственно на создание i -го средства и всей совокупности средств однородной группы;

T_k – срок разработки k -го базового средства;

t_{ijl} – сроки реализации l -й стадии жизненного цикла i -го средства на основе j -й составной части;

L – общее количество рассматриваемых жизненных циклов;

T_i – допустимый срок разработки i -го лазерного средства ОЭП.

Решение (5) осуществляется на основе использования методов целочисленного программирования с булевыми переменными b_{ki} и z_{ijk} .

На конструктивном уровне разукрупнения реализация базового принципа требует определения рационального типажа составных частей лазерных средств, которые обеспечивают формирование оптимальных типоразмерных рядов. Учитывая тот факт, что лазерные средства ОЭП являются энергоизлучающими

объектами, функциональные возможности которых в первую очередь определяются характеристиками лазерных передатчиков, последние целесообразно рассматривать в качестве системообразующих элементов и основных технических элементов унификации. При этом решение задачи формирования оптимальных типоразмерных рядов лазерных средств ОЭП в первую очередь требует формирования оптимальных типоразмерных рядов лазерных генераторов. Суммарное отклонение совокупности их типоразмеров должно иметь минимальное значение от установленных норм, при допустимых затратах на создание ряда. Определение параметров типоразмерных рядов лазерных генераторов для ОЭП может быть осуществлено на основе методического подхода к синтезу лазерных помех, предложенного в [5].

Таким образом, предложенный методический аппарат позволяет сформировать рациональный типаж лазерных средств ОЭП и определить на его основе типоразмерные ряды их составных частей для модификации.

Список использованных источников

1. Ольгин С. Проблемы оптикоэлектронного противодействия // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 9. – С. 35-41.
2. Глазунов Ю.М., Затока И.В., Тетерин В.А. Основные принципы формирования концептуальной модели унификации техники специального радиоэлектронного вооружения // Труды юбилейной НТК ЦНИИРЭС, 2001.
3. Годуйко В.А., Луценко А.Д., Маевский Ю.И. Методический подход к обоснованию рационального типажа средств информационного обеспечения радиоэлектронных систем // Радиотехника. Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. – 2008. – № 21. – С. 14-16.
4. Базовый принцип конструирования РЭА / Е.М. Парфенов, В.Ф. Афанасенко, В.И. Владимиров, Е.В. Саушкин; Под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981. – 120 с.
5. Глушков А.Н., Козирацкий Ю.Л. Синтез лазерных помех // Радиотехника. Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. – 2011, – № 27. – С. 34-38.

Леонов А.В., доктор экономических наук, старший научный сотрудник
Смирнов С.С., кандидат технических наук
Хованов Д.Г.

Адаптивный подход к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий

В статье проведен анализ отечественных и зарубежных подходов к определению объемов ассигнований на развитие военных технологий. Сформулированы предложения по совершенствованию адаптивного подхода к обоснованию объемов ассигнований на программу развития базовых военных технологий.

Введение

Особенность современного этапа развития вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) состоит в том, что тактико-технические характеристики (ТТХ) большинства образцов практически достигли своих предельных значений в рамках используемых схемных и технологических решений. В этих условиях даже для незначительного повышения отдельных показателей эффективности ВВСТ требуются существенные материальные затраты, которые, как правило, не оправдываются получаемым военно-техническим эффектом.

Перспективные же виды вооружения, использующие новые, в том числе нетрадиционные, физические принципы действия, в настоящее время находятся на начальных этапах своего развития и требуют существенного технологического совершенствования для практического применения в реальной боевой обстановке. Поэтому прирост ТТХ и боевых потенциалов современного вооружения осуществляется в форме отдельных итераций на основе постепенного внедрения технологических инноваций и во многом зависит от выделяемых на это финансовых ресурсов для проведения фундаментальных, поисковых и прикладных работ, направленных на получение новых научных знаний и их трансформацию в военные технологии.

Как показывает практика обоснования развития ВВСТ ошибки в вопросах финансирования научных исследований и технологических разработок могут иметь необратимый и даже фатальный характер для развития отечественного вооружения. Поэтому к вопросу определения объемов ассигнований, необходимых для создания научно-технического задела, необходимо подходить с особой тщательностью и аккуратностью с учетом накопленного отечественного и зарубежного опыта и с применением научно обоснованной методологии [1].

Цель данной статьи состоит в раскрытии основных подходов и разработке предложений по совершенствованию порядка обоснования объемов ассигнований, необходимых для развития базовых (БВТ) и критических военных технологий (КВТ).

Под БВТ традиционно понимается совокупность знаний о способах решения задач в определенной сфере военной деятельности с использованием вооружения и технических средств.

Под критической понимается технология, обеспечивающая решение принципиально новых военно-технических задач, существенный прирост тактико-технических характеристик ВВСТ или значительное снижение затрат на их эксплуатацию.

В статье последовательно рассматриваются два вопроса:

краткий анализ существующих подходов к обоснованию объемов ассигнований на развитие военных технологий;

предложения по совершенствованию адаптивного подхода к обоснованию объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий.

1. Краткий анализ существующих подходов к обоснованию объемов ассигнований на развитие военных технологий

В практике программно-целевого планирования и управления развитием ВВСТ существует целый ряд подходов к обоснованию объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий. Наиболее часто используемыми и хорошо зарекомендовавшими себя как в нашей стране, так и за рубежом являются нормативный, адаптивный, программно-целевой и программный подходы (таблица 1).

Нормативный подход предусматривает установление определенного норматива в выделении ассигнований на создание научно-технического задела для перспективного ВВСТ в процентном соотношении от общего объема военного бюджета.

Нормативного подхода в том или ином виде придерживаются фактически все ведущие зарубежные страны. В частности, в Конгрессе США наблюдается стремление зафиксировать расходы на развитие военной науки и технологий на уровне 3% от всего военного бюджета [2]. Опыт формирования государственных программ вооружения (ГПВ) показывает, что в нашей стране этот показатель традиционно не превышает 1%.

Нормативный подход достаточно прост в применении, однако обладает низкой точностью и может применяться лишь для ориентировочного определения объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий.

Адаптивный подход основан на определении доли финансирования работ по созданию научно-технического задела для перспективного ВВСТ от общего объема ассигнований на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в зависимости от целей, которые сформулированы в доктринальных и концептуальных документах.

Объемы ассигнований, выделяемые на создание и развитие научно-технического задела для перспективных разработок, в определенной степени характеризуют уровень инновационной активности любой организации, в том числе и военной.

Доля в 10% на развитие технологий от расходов на НИОКР может служить в качестве индикатора благополучия положения с научно-техническим заделом, так как именно этот уровень является средним для большинства наиболее развитых зарубежных государств. При превышении этой доли относительно среднего уровня можно говорить о стремлении государства либо к ликвидации отставания в определенных областях развития военных технологий, либо о попытках выйти на лидирующие позиции в создании перспективного вооружения. Доля ассигнований на создание научно-технического задела ниже среднего уровня свидетельствует об ориентации государства на импорт технологий и международное сотрудничество с зарубежными государствами в определяющих научно-технологических областях.

По сравнению с нормативным адаптивный подход позволят определять необходимые объемы ассигнований в зависимости от стратегии развития Вооруженных Сил (ВС), но для практического применения требует большего количества исходных данных.

Программно-целевой подход предусматривает проведение полномасштабных исследований и разработок по всей совокупности направлений, содержащихся в перечне базовых и критических военных технологий.

Таблица 1 – Основные подходы к определению объемов ассигнований на развитие военных технологий

| № п/п | Наименование подхода | Краткое описание | Правило определения | Зарубежная практика | Отечественная практика |
|-------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Нормативный | Установление определенного норматива в выделении ассигнований на создание научно-технического задела для перспективного ВВСТ | % от всего военного бюджета | Конгрессом США зафиксировано 3% | В ГПВ-2015 и ГПВ-2020 выделялось менее 1% |
| 2 | Адаптивный | Установление определенной доли от общего объема ассигнований на НИОКР в зависимости от целей, которые сформулированы в доктринальных и концептуальных документах | % от расходов на НИОКР: - менее 10% - ориентация на импорт технологий; - 10% - ориентация на отечественные технологии при достаточности уровня их развития; - более 10% - ориентация на мировой паритет | США – 17,5% (ориентация на мировое лидерство) Великобритания – 12% (лидирующие позиции только по ряду технологических областей) Япония – 30% (безусловный лидер Азиатско-Тихоокеанского региона по уровню развития вооруженных сил) | ГПВ-2015 – 3% ГПВ-2020 – 6% Ориентация на поддержание минимального уровня развития отечественных военных технологий |
| 3 | Программно-целевой | Проведение полномасштабных исследований и разработок по всей совокупности направлений, содержащихся в перечне базовых и критических военных технологий | Потребные объемы ассигнований на развитие базовых военных технологий определяются на основе концепции типовых «успешных проектов» | В США и Великобритании методология типовых «успешных проектов» используется всеми видами ВС для обоснования программ НИОКР | Программно-целевой подход основан на использовании структурных функционально-технологических схем типовых образцов основных классов ВВСТ и носит исследовательский характер |
| 4 | Программный | Определение объемов ассигнований на основе анализа финансово-экономических показателей предыдущих программ | Объемы ассигнований, выделяемые на предшествующие программы, умножаются на индексы-дефляторы, устанавливаемые Минэкономразвития России | Используется для верификации результатов, полученных другими методами | |

В основу программно-целевого подхода положены три основных принципа: необходимости проведения полномасштабных исследований и разработок по всей совокупности направлений, содержащихся в перечне базовых и критических военных технологий;

«типового успешного проекта», под которым понимается научно-технический проект, позволяющий получить реальные и конструктивные результаты для последующего внедрения в перспективные образцы ВВСТ и характеризующийся заданными сроками и верхним пределом финансирования;

постепенного повышения зрелости результатов и обеспечения их готовности к практическому применению путем сквозной провязки работ программы развития базовых военных технологий от фундаментально-поисковых к прикладным, и от прикладных к научно-исследовательским работам (НИР) по созданию макетных образцов перспективного ВВСТ и опытно-конструкторским работам (ОКР) по созданию типовых составных частей, модулей и блоков.

В США, например, в качестве типового в Агентстве по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам (DARPA) принят проект прикладных исследований с объемом финансирования 10-40 млн. долларов, осуществляемый в течение четырех лет с привлечением 5-10 научно-исследовательских организаций и 2 университетов. Аналогичная статистика имеется по Великобритании, которая в целом не противоречит американскому опыту.

В отечественной практике [3, 4] определение потребных объемов ассигнований на развитие критических военных технологий в соответствии с принципом постепенного повышения зрелости результатов осуществляется методом прямой калькуляции затрат на проведение фундаментальных НИР, прикладных исследований и опытно-конструкторских работ по формуле

$$C = \sum_{i=1}^{N_{KT}} C_{T_i} (\gamma_{\phi_i} \beta_{\phi_i} + \gamma_{\Pi_i} \beta_{\Pi_i} + \gamma_{O_i} \beta_{O_i}) \cdot \mu_i, \quad (1)$$

где C_{T_i} – стоимость прикладных научных исследований типового успешного проекта по i -й критической технологии. Определяется по предыстории и может быть усредненной или индивидуальной для технологического направления;

N_{KT} – количество критических технологий, включенных в перечень базовых и критических военных технологий;

$\gamma_{\phi_i}, \gamma_{\Pi_i}, \gamma_{O_i}$ – коэффициенты, характеризующие соотношение между количеством фундаментальных НИР, прикладных исследо-

ваний и опытно-конструкторских работ типовых успешных проектов программы развития базовых военных технологий по i -й критической технологии;

$\beta_{\phi_i}, \beta_{\Pi_i}, \beta_{O_i}$ – коэффициенты, характеризующие соотношение стоимости фундаментальных НИР, прикладных исследований и опытно-конструкторских работ типовых успешных проектов программы развития базовых военных технологий по i -й критической технологии;

μ_i – коэффициент масштабности исследований по i -й критической технологии ($0 < \mu_i \leq 1,8$).

Стоимость прикладных исследований типового успешного проекта, соотношение коэффициентов $\beta_{\phi_i}, \beta_{\Pi_i}, \beta_{O_i}, \gamma_{\phi_i}, \gamma_{\Pi_i}, \gamma_{O_i}$ и значение μ_i определяют характер программы исследований по каждой критической технологии и отражают специфические требования Минобороны России к программе развития базовых военных технологий (таблица 2).

Опыт применения программно-целевого подхода показывает, что он дает достаточно точные оценки потребных объемов ассигнований на развитие военных технологий и может быть использован при технико-экономическом обосновании программы развития базовых военных технологий. Однако платой за высокую точность является сложность получения исходных данных и, как следствие, увеличение временного интервала проведения оценки.

Программный подход к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий подразумевает пролонгацию или экстраполяцию (с учетом общей динамики финансирования НИОКР и коэффициентов-дефляторов, устанавливаемых Минэкономразвития России) ассигнований, выделенных на реализацию мероприятий в части создания научно-технического задела в предшествующих и действующей государственных программах вооружения.

В нашей стране и за рубежом данный подход традиционно используют в качестве основы для верификации результатов, полученных другими расчетными способами определения объемов ассигнований на программу развития базовых военных технологий.

Качественное сравнение рассмотренных подходов к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий в шкалах «сложность применения» и «точность оценивания» приведено на рисунке 1.

Таблица 2 – Ориентировочные значения параметров программы развития базовых военных технологий в зависимости от оценки текущего состояния критической технологии и выбранной стратегии ее развития

| Оценка текущего состояния критической технологии | Требования к уровню развития критической технологии | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|
| | Ориентация на достижение мирового лидерства в данной критической технологии | | | | Ориентация на сохранение существующего соотношения с мировым уровнем | | | | Ориентация на международное сотрудничество и импорт технологий | | | |
| | Стоимость типового проекта | $\beta_{\phi} :$ $\beta_{\pi} :$ β_{o} | μ | $\gamma_{\phi} :$ $\gamma_{\pi} :$ γ_{o} | Стоимость типового проекта | $\beta_{\phi} :$ $\beta_{\pi} :$ β_{o} | μ | $\gamma_{\phi} :$ $\gamma_{\pi} :$ γ_{o} | Стоимость типового проекта | $\beta_{\phi} :$ $\beta_{\pi} :$ β_{o} | μ | $\gamma_{\phi} :$ $\gamma_{\pi} :$ γ_{o} |
| 1 мировой уровень | соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 3 | 1 | 10 : 5 : 3 | соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 5 | 1 | 10 : 5 : 2 | - | - | - | - |
| 2 отставание (до 5 лет) | выше или соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 4 | 1,4 | 10 : 5 : 3 | соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 5 | 1,2 | 10 : 5 : 2 | соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 0 | 1,2 | 10 : 1 : 0 |
| 3 значительное отставание (5-10 лет) | выше или соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 5 | 1,6 | 10 : 5 : 3 | соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 5 | 1,3 | 10 : 5 : 2 | соответствует мировому уровню | 0,2 : 1 : 0 | 1,3 | 10 : 2 : 0 |
| 4 сильное отставание (более 10 лет) | выше или соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 6 | 1,8 | 10 : 5 : 3 | соответствует мировому уровню | 0,1 : 1 : 5 | 1,4 | 10 : 5 : 2 | соответствует мировому уровню | 0,2 : 1 : 0 | 1,4 | 10 : 3 : 0 |

С точки зрения практического применения наибольший интерес представляет адаптивный подход обоснования объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий, который при достаточной простоте применения обладает высокой точностью. Кроме того, указанный подход характеризуется высокой степенью гибкости при учете текущего состояния военных техно-

логий и требований доктринальных и концептуальных документов.

В качестве основных направлений совершенствования адаптивного подхода можно выделить следующие:

учет различных вариантов формирования ГПВ и стратегий развития базовых военных технологий;

учет специфики и структурных особенностей формирования программы развития базовых военных технологий;

определение приоритетов направлений развития базовых и критических военных технологий;

разграничение ответственности федеральных органов исполнительной власти в области развития базовых военных технологий.



Рисунок 1 – Качественное сравнение подходов к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий по критерию «точность-сложность»

2. Предложения по совершенствованию адаптивного подхода к обоснованию объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий

Ключевыми этапами, составляющими сущность данного подхода, являются:

- определение вариантов программы;
- выбор стратегии развития базовых военных технологий;

определение требуемых объемов ассигнований на развитие базовых военных технологий при конкретном варианте и выбранной стратегии их развития.

Этап 1. Определение вариантов программы

В практике программно-целевого планирования и управления развитием ВВСТ, как правило, выделяются четыре опорных вари-

анта формирования ГПВ, в том числе и Программы развития базовых военных технологий: потребный; минимально-необходимый; реалистичный и критический.

Этап 2. Выбор стратегии развития базовых военных технологий

Выбор стратегии развития базовых военных технологий осуществляется с помощью задания соответствующего коэффициента КСР, значения которого (таблица 3) характеризуют возможную позицию Минобороны России в области развития военных технологий – от достижения мирового лидерства по всем ключевым технологическим направлениям до ориентации на закупку импортных технологий по всем областям, кроме средств ядерного сдерживания.

По сути, значения коэффициента стратегии развития базовых военных технологий соответствуют долям ассигнований, выделяемым на проведение НИОКР по базовым военным технологиям, от общего объема финансирования НИОКР, запланированного в ГПВ.

Следует отметить, что процедура выбора стратегии развития актуальна только для потребного варианта, так как остальные варианты предполагают значительное «урезание»

финансирования и, как следствие, ориентированы исключительно на поддержание существующего уровня развития базовых военных технологий. Соответственно, для минимально-необходимого, реалистичного и критического вариантов коэффициент стратегии развития принимает значение $K_{CP}=1,0$ и вводится собственный коэффициент варианта формирования $K_{ВФ}$ (приводится ниже).

Таблица 3 – Значения коэффициента стратегии развития базовых военных технологий и их вербальные описания

| № п/п | Значение коэффициента стратегии развития (K_{CP}) | Вербальное описание стратегии |
|-------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2,0 | Ликвидация отставания или достижение лидирующих позиций по всем базовым военным технологиям |
| 2 | 1,5 | Ликвидация отставания по 2-3 базовым военным технологиям и достижение лидирующих позиций в технологических областях, связанных с наиболее приоритетными образцами ВВСТ |
| 3 | 1,2 | Ликвидация отставания по одной базовой военной технологии и поддержание существующего уровня развития остальных базовых военных технологий |
| 4 | 1,0 | Поддержание существующего уровня развития базовых военных технологий |
| 5 | 0,8 | Ориентация на импорт по 2-3 базовым военным технологиям и поддержание существующего уровня развития остальных базовых военных технологий |
| 6 | 0,5 | Ориентация на импорт всех базовых военных технологий, кроме технологий, используемых в сфере средств ядерного сдерживания |

Этап 3. Определение требуемых объемов ассигнований на развитие базовых военных технологий при конкретном варианте и выбранной стратегии их развития

Необходимые объемы ассигнований на развитие базовых военных технологий ($C^{БВТ}$) при конкретном варианте и выбранной стратегии их развития рассчитываются по формуле

$$C^{БВТ} = \frac{C^{НИОКР} \cdot K_{CP} \cdot K_{ВФ}}{10}, \quad (2)$$

где $C^{НИОКР}$ – объемы ассигнований, планируемые к выделению на проведение всех НИОКР в рамках ГПВ,

K_{CP} – коэффициент стратегии развития базовых военных технологий,

$K_{ВФ}$ – коэффициент варианта формирования.

Коэффициент варианта формирования характеризует требуемое увеличение доли финансирования НИОКР по развитию базовых

военных технологий от объемов ассигнований, выделяемых на проведение всех НИОКР оборонного назначения, при каждом из вариантов.

Необходимость такого увеличения при реализации отличных от потребного вариантов формирования ГПВ (минимально-необходимого, реалистичного, критического) объясняется тем, что данные варианты предполагают значительное сокращение выделяемых средств на проведение исследований по сравнению с потребным уровнем. Соответственно, той доли от общего объема средств на НИОКР, которой было достаточно при потребном варианте для поддержания существующего уровня развития базовых военных технологий, при других вариантах недостаточно. И чем больше предполагается «урезать» средства на оборонные НИОКР, тем большую их часть необходимо направлять на

поддержание существующего уровня развития военных технологий.

$$K_{вф} = \begin{cases} 1,0 & \text{при потребном варианте,} \\ 1,8 & \text{при минимально необходимом варианте,} \\ 2,2 & \text{при реалистичном варианте,} \\ 3,0 & \text{при критическом варианте.} \end{cases} \quad (3)$$

Значения коэффициента варианта формирования ГПВ получены на основании анализа плановых объемов финансирования ГПВ (и НИОКР по развитию базовых военных технологий в ее составе) в предыдущие программные циклы и динамики реально выделенных на эти цели средств в государственном оборонном заказе (ГОЗ), а также с учетом опыта развитых зарубежных стран.

Коэффициент варианта формирования может принимать следующие значения

В таблице 4 приведены значения требуемых объемов ассигнований на развитие базовых военных технологий в зависимости от варианта и стратегии развития БВТ, принятой в Минобороны России, в процентах от общих объемов средств, выделяемых на НИОКР в государственной программе вооружения.

Таблица 4 – Требуемые объемы ассигнований на развитие базовых военных технологий

| Вариант формирования ГПВ | Значение коэффициента стратегии развития БВТ | Значение коэффициента варианта формирования ГПВ | Требуемые объемы ассигнований на развитие БВТ, % от всего объема средств на НИОКР |
|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Потребный | 2,0 | 1,0 | 20 |
| | 1,5 | 1,0 | 15 |
| | 1,2 | 1,0 | 12 |
| | 1,0 | 1,0 | 10 |
| | 0,8 | 1,0 | 8 |
| | 0,5 | 1,0 | 5 |
| Минимально необходимый | 1,0 | 1,8 | 18 |
| Реалистичный | 1,0 | 2,2 | 22 |
| Критический | 1,0 | 3,0 | 30 |

Следует обратить внимание, что значение доли ассигнований более 10% при минимально-необходимом, реалистичном и критическом варианте развития БВТ вовсе не является показателем опережающего инновационного развития, а свидетельствует лишь о стремлении поддержать уровень развития хотя бы некоторых военных технологий. В абсолютных значениях объемы ассигнований на развитие БВТ при этих вариантах будут значительно меньше, чем при самой худшей стратегии развития потребного варианта, в связи с сокращением финансирования НИОКР в целом.

Следующим шагом является распределение полученных объемов ассигнований по комплексным целевым программам (КЦП)

развития базовых военных технологий. В процессе формирования ГПВ-2015 и ГПВ-2020 для этих целей использовался подход, базирующийся на решении классической задачи «о ранце», сущность которой состоит в том, что из всей совокупности запланированных КЦП программы развития базовых военных технологий отбираются наиболее приоритетные и на их основе формируется оптимальный состав КЦП под заданный объем ассигнований. При невозможности финансирования всех КЦП отбираются только те, которые обеспечивают максимальную эффективность (полезность) достижения целей программы развития базовых военных технологий.

Важнейшим недостатком указанного подхода является необходимость предварительного определения стоимостных параметров каждой из КЦП, что является отдельной трудноформализуемой задачей, решение которой должно осуществляться с привлечением групп квалифицированных экспертов по различным технологическим направлениям.

В целях устранения субъективности оценок, повышения степени формализуемости задачи распределения выделенных средств по каждой из КЦП программы развития базовых военных технологий и, соответственно, обеспечения возможности ее программной реализации представляется целесообразным использовать подход, состоящий из следующих основных этапов:

определение приоритетов направлений развития военных технологий;

формирование перечня КЦП программы развития базовых военных технологий;

определение относительной важности КЦП внутри каждого подраздела;

распределение ассигнований по комплексным целевым программам.

Этап 1. Определение приоритетов направлений развития военных технологий

Традиционно программа развития базовых военных технологий включает в свой состав три основных направления:

фундаментальные, прогнозные и поисковые исследования;

исследования по созданию научно-технического задела в интересах создания перспективных и совершенствования существующих образцов ВВСТ;

исследования по созданию научно-технического задела в интересах разработки нетрадиционного вооружения.

Распределение объема ассигнований, выделенного на технологическое развитие ВС РФ, между основными направлениями программы развития базовых военных технологий осуществляется на основе анализа мировых технологических тенденций и достижений, выявления основных угроз безопасности,

а также с учетом видения сложившейся обстановки.

Для этого каждому направлению ставится в соответствие определенный «вес», который характеризует его относительную важность и, соответственно, долю выделяемых средств. При этом выполняется следующее условие

$$W_{\text{ФППИ}} + W_{\text{Трад}} + W_{\text{Нетрад}} = 1, \quad (4)$$

где $W_{\text{ФППИ}}$ – относительная важность направления «фундаментальные, прогнозные и поисковые исследования» в программе развития базовых военных технологий;

$W_{\text{Трад}}$ – относительная важность направления «исследования по созданию научно-технического задела в интересах создания перспективных и совершенствования существующих образцов ВВСТ» в программе развития базовых военных технологий;

$W_{\text{Нетрад}}$ – относительная важность направления «исследования по созданию научно-технического задела в интересах разработки нетрадиционного вооружения» в программе развития базовых военных технологий.

Таким образом, на основе определения весов основных направлений программы развития базовых военных технологий выбирается технологический путь развития ВС РФ на перспективу. Так, в ГПВ-2020 «запрограммирован» приоритет в развитии нетрадиционных видов ВВСТ (лазерного, сверхвысокочастотного, кинетического, нелетального и др.).

Объем финансирования фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований (ФППИ) оборонного назначения традиционно определяется директивно на уровне 4% от общего объема ассигнований, выделяемых на программу развития базовых военных технологий.

Опыт показывает, что данный уровень финансирования (при условии реального выделения потребных ассигнований в рамках ГОЗ) позволяет создавать необходимый и достаточный научный задел для проведения при-

кладных исследований по разработке технологий в интересах создания перспективных, в том числе нетрадиционных, образцов ВВСТ.

В настоящее время в целях воссоздания научного задела в области обороны и безопасности принято решение о формировании подпрограммы «Фундаментальные и поисковые научные исследования в области обеспечения обороны и безопасности» федеральной целевой программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011-2020 годы».

Кроме того, в соответствии с Федеральным законом № 174-ФЗ от 16 октября 2012 г. создан Фонд перспективных исследований, одной из основных задач которого является проведение высокорисковых научных исследований в интересах обороны и безопасно-

сти государства, имеющих долгосрочную перспективу реализации.

В ГПВ предложено оставить ФППИ, направленные на научное обеспечение проводимых в рамках ГОЗ опытно-конструкторских работ, мониторинг результатов отечественных и зарубежных фундаментальных исследований в интересах разработки перспективных образцов ВВСТ, а также формирование прогноза научно-технического развития в интересах обеспечения обороны и безопасности государства.

В этих условиях возникает необходимость предусмотреть механизм перераспределения ассигнований, выделяемых на ФППИ в оборонной области. Возможный вариант такого перераспределения в зависимости от варианта развития базовых и критических военных технологий представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Предложения по распределению ассигнований, выделяемых на ФППИ в области обороны и безопасности

| Заказчик (программа) | Вариант развития технологий | | | |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------|-------------|
| | Потребный | Минимально необходимый | Реалистичный | Критический |
| Минобороны России (ГПВ) | 1% | 1% | 1,5% | 2% |
| Минпромторг России (подпрограмма ФПИ в ФЦП «Развитие ОПК») | 2% | 2% | 2% | 1,5% |
| Фонд перспективных исследований | 1% | 1% | 0,5% | 0,5% |
| Σ | 4% | | | |

При снижении уровня финансирования от потребного варианта к критическому сначала происходит сокращение высокорисковых исследований на долгосрочную перспективу, проводимых по заказу Фонда перспективных исследований, а затем фундаментальных и поисковых исследований в интересах создания перспективного вооружения (подпрограмма фундаментальных и поисковых исследований программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса»). При этом рост доли ассигнований на ФППИ, проводимых по заказу Минобороны России, отражает стремление сохранить объемы финансирования научного обеспечения мероприятий ГПВ.

В итоге первая строка таблицы 5 представляет собой, по сути, важность направле-

ние «фундаментальные, прогнозны и поисковые исследования» в программе развития базовых военных технологий (значение коэффициента $W_{ФППИ}$), а объемы ассигнований, выделяемые в рамках этого направления, рассчитываются по формуле

$$C^{ФППИ} = C^{БВТ} \cdot W_{ФППИ}, \tag{5}$$

где $C^{ФППИ}$ – объем ассигнований, планируемый к выделению по направлению «фундаментальные, прогнозны и поисковые исследования» в программе развития базовых военных технологий,

$C^{БВТ}$ – объем ассигнований, планируемый к выделению на программу развития базовых военных технологий,

$W_{ФППИ}$ – относительная важность направления «фундаментальные, прогнозны и по-

исковые исследования» в программе развития базовых военных технологий.

«Весы» $W_{Трад}$ и $W_{Нетрад}$ определяются экспертно на этапе формирования программы развития базовых военных технологий. Базовые значения «весов» могут быть определены по предыстории. К примеру, в процессе обоснования ГПВ-2020 коэффициенты $W_{Трад}$ и $W_{Нетрад}$ принимали значения 0,08 и 0,83 соответственно, то есть финансирование исследований по созданию научно-технического задания в интересах разработки нетрадиционного вооружения более чем в 10 раз превышает финансирование «традиционного» технологического направления.

Этап 2. Формирование перечня КЦП программы развития базовых военных технологий

На данном этапе в рамках каждого из основных направлений программы развития базовых военных технологий формируется совокупность КЦП или комплексов работ, выполнение которых обеспечит реализацию целевых установок программы.

Структура фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований должна соответствовать «Приоритетным направлениям фундаментальных прогнозных и поисковых исследований для обеспечения создания перспективных образцов ВВСТ».

Перечень остальных КЦП формируется на основе структуры предшествующей программы, а также анализа работ по каждому направлению и достигнутых в них результатов, а также с учетом общих объемов ассигнований, выделенных на программу развития базовых военных технологий. При необходимости (низкий уровень финансирования программы в целом, урезание одного из направлений в интересах достижения значительных результатов в другом и т.п.) некоторые КЦП, входящие в состав предыдущей программы, могут быть исключены или объединены с КЦП схожей направленности. Новая комплексная целевая программа (не имеющая аналогов в

предыдущем программном цикле) может формироваться для заблаговременной нейтрализации угрозы возникновения «технологических сюрпризов» у вероятного противника.

Этап 3. Определение относительной важности КЦП внутри каждого подраздела

Относительная важность комплексных целевых программ, входящих в состав каждого из основных направлений программы развития базовых военных технологий, определяется экспертно на основании предыстории формирования КЦП, а также с учетом масштабы исследований, которые необходимо провести для достижения целевых установок каждой КЦП.

Для определения относительной важности новых КЦП, аналогов которых не было в предыдущих программных циклах, целесообразно использовать подход, предусматривающий определение рационального числа работ, которые необходимо выполнить в рамках данной КЦП, выбор наиболее «близкого аналога» из числа существующих КЦП и расчета уровня трудозатрат, требуемых для ее выполнения. Для этого может быть использован методический подход к формированию начальной цены государственного контракта при размещении государственного оборонного заказа путем проведения торгов [5].

Суммарная важность всех КЦП каждого из направлений программы развития базовых военных технологий должна равняться 1. К примеру, для нетрадиционного направления

$$W_{Нетрад}^1 + W_{Нетрад}^2 + \dots + W_{Нетрад}^{N_H} = 1, \quad (6)$$

где $W_{Нетрад}^i$ – относительная важность i -й КЦП из нетрадиционного направления программы развития базовых военных технологий;

N_H – количество КЦП в составе нетрадиционного направления программы развития базовых военных технологий.

Этап 4. Распределение ассигнований по комплексным целевым программам

С учетом определенных выше коэффициентов важности объем ассигнований на каждую из КЦП программы развития базовых военных технологий определяется следующим образом:

а) по направлению «фундаментальные, прогнозные и поисковые исследования»

$$C_i^{\text{ФППИ}} = C^{\text{БВТ}} \cdot W_{\text{ФППИ}} \cdot W_{\text{ФППИ}}^i, \quad (7)$$

где $C_i^{\text{ФППИ}}$ – объем ассигнований на i -ю КЦП фундаментального направления программы развития базовых военных технологий;

$W_{\text{ФППИ}}^i$ – относительная важность i -й КЦП фундаментального направления программы развития базовых военных технологий;

$W_{\text{ФППИ}}$ – относительная важность фундаментального направления в программе развития базовых военных технологий;

$C^{\text{БВТ}}$ – объем ассигнований, выделенный на программу развития базовых военных технологий.

б) по направлению «исследования по созданию научно-технического задела в интересах создания перспективных и совершенствования существующих образцов ВВСТ»

$$C_i^{\text{Трад}} = C^{\text{БВТ}} \cdot W_{\text{Трад}} \cdot W_{\text{Трад}}^i, \quad (8)$$

где $C_i^{\text{Трад}}$ – объем ассигнований на i -ю КЦП традиционного прикладного направления программы развития базовых военных технологий;

$W_{\text{Трад}}^i$ – относительная важность i -й КЦП традиционного прикладного направления программы развития базовых военных технологий;

$W_{\text{Трад}}$ – относительная важность традиционного прикладного направления программы развития базовых военных технологий.

в) по направлению «исследования по созданию научно-технического задела в интересах разработки нетрадиционного вооружения»

$$C_i^{\text{Нетрад}} = C^{\text{БВТ}} \cdot W_{\text{Нетрад}} \cdot W_{\text{Нетрад}}^i, \quad (9)$$

где $C_i^{\text{Нетрад}}$ – объем ассигнований на i -ю КЦП нетрадиционного направления программы развития базовых военных технологий;

$W_{\text{Нетрад}}^i$ – относительная важность i -й КЦП нетрадиционного направления программы развития базовых военных технологий;

$W_{\text{Нетрад}}$ – относительная важность нетрадиционного направления программы развития базовых военных технологий.

После определения объемов ассигнований, выделяемых на каждую из КЦП программы развития базовых военных технологий, необходимо распределить эти средства по годам программного цикла. Данную задачу целесообразно решать на основе имеющегося опыта формирования ГПВ и ее реализации посредством государственного оборонного заказа.

Заключение

Предложенный адаптивный подход учитывает структурные особенности программы развития базовых военных технологий и позволяет более обоснованно подойти к определению объемов ассигнований, необходимых на их развитие.

Адаптивный подход рекомендуется использовать на стадии предварительного обоснования ассигнований на программу развития базовых военных технологий в ходе формирования концепции и опорных вариантов государственной программы вооружения.

В дальнейшем целесообразно использовать программно-целевой подход, поскольку он дает более точные оценки. Однако для качественного оценивания объема ассигнований, необходимых на развитие военных технологий, потребуется действенный механизм определения потребностей в научно-техническом заделе, основанный на разработке структурных функционально-технологических схем типовых образцов основных классов ВВСТ, выявлении критических военных технологий и определении типовых успешных проектов по каждой из них.

Кроме того, необходимо совершенствовать научно-методический аппарат обоснования объемов ассигнований на развитие базовых военных технологий с учетом современных особенностей.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Издательство ООО «Купол», 2009.
2. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. – М., 2005.
3. Алфимов С.М., Буренок В.М., Ивлев А.А. Методический подход к обоснованию ассигнований на программу развития базовых военных технологий // Военная мысль. – 2006. – № 10.
4. Московский А.М. Военно-техническая политика государства: современный этап и тенденции развития. – М.: «Военный парад», 2006.
5. Методические рекомендации по формированию начальной цены государственного контракта при размещении государственного оборонного заказа путем проведения торгов (утв. Начальником вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации – заместителем Министра обороны Российской Федерации 09.02.2008 г.).

Аверкиев Н.Ф., доктор технических наук,
профессор
Булекбаев Д.А., кандидат технических
наук, доцент

Задача синтеза экономических трасс запуска космических аппаратов

Статья посвящена решению актуальной задачи синтеза трассы запуска космического аппарата на целевую орбиту. При выборе оптимизируемого функционала предлагается перейти к минимизации затрат на выведение одного килограмма полезного груза на орбиту. Ограничениями выступают условия обеспечения выведения на орбиту космического аппарата заданной массы при соблюдении требований к уровню риска вдоль трассы запуска. Задача формализована и сведена к стандартной задаче оптимального управления с ограничениями.

Эксплуатируемая в настоящее время ракетно-космическая техника представляет собой реальную угрозу жизни и деятельности человека, так как используются токсичные и взрывоопасные компоненты ракетного топлива (КРТ), а надежность ракет космического назначения (РКН) относительно низкая. В различные годы, согласно статистике, от 5 до 10 процентов всех пусков РКН заканчивалось аварийно. В результате таких аварий происходит засорение территорий регионов фрагментами конструкций (ФК) и загрязнение окружающей среды проливами невыработанных КРТ. Аварийное падение РКН и ее ФК ведет к ответственности за наносимый ущерб и к необходимости выплаты компенсаций, что влияет на среднюю стоимость выведения одного килограмма полезного груза на орбиту.

Эксплуатируемые в настоящее время трассы пусков РКН имеют следующие особенности:

- большую протяженность на поверхности Земли и акваторий морей и океанов;
- неравномерную плотность распределения населения и объектов хозяйственной деятельности человека вдоль трассы полета РКН;
- непрогнозируемый характер перемещения отдельных людей, машин и механизмов (пешеходы, транспорт, сельхозмашины и т.п.);

- наличие объектов хозяйственной деятельности человека вдоль трассы полета РКН с различной стоимостью и защищенностью;
- наличие вдоль трассы полета РКН жизненно важных природных ресурсов (реки, озера, леса и т.п.);
- большие затраты на ликвидацию последствий отдельных аварий.

Практика запусков космических аппаратов (КА) свидетельствует о неравномерности возникновения аварийных ситуаций на интервале полета РКН. В качестве примера на рисунке 1 приведены статистические данные и зависимости вероятности и плотности распределения отказов от времени полета РКН «Союз» (742 пуска, 18 отказов) [1]. Из рисунка следует, что вероятность и плотность распределения отказов по времени полета имеют три выраженных максимума:

- на начальном участке полета первой ступени (до ~ 54 с);
- в момент окончания работы первой ступени и ее отделения (118-124 с);
- в момент окончания работы и отделения второй и начала работы третьей ступени (286-289 с).

Данные интервалы в сумме составляют ~ 63 с или 12% времени полета, а на них приходится ~ 77% возможных отказов.

Статистические данные возникновения аварий РКН и характеристики эксплуатируе-

мых трасс запуска КА делают актуальной задачу синтеза оптимальных программ управления движением РКН на активном участке траектории (АУТ), учитывающих требования безопасности и обеспечивающих минимальную стоимость выведения КА с учетом прогнозируемых затрат на восстановление непреднамеренного ущерба при аварийных пусках. Для корректной формализации этой задачи необходимо разработать математические модели и алгоритмы, адекватно описывающие:

- процессы движения РКН на АУТ и ФК на пассивном участке траектории (ПУТ), разрушения конструкции, рассеивания точек падения РКН и ФК на поверхности Земли и акваторий морей и океанов;
- показатели риска для населения вдоль трассы полета РКН, ущерба, наносимого объектам хозяйственной деятельности человека и жизненно важным природным ресурсам, затрат на ликвидацию последствий аварий.

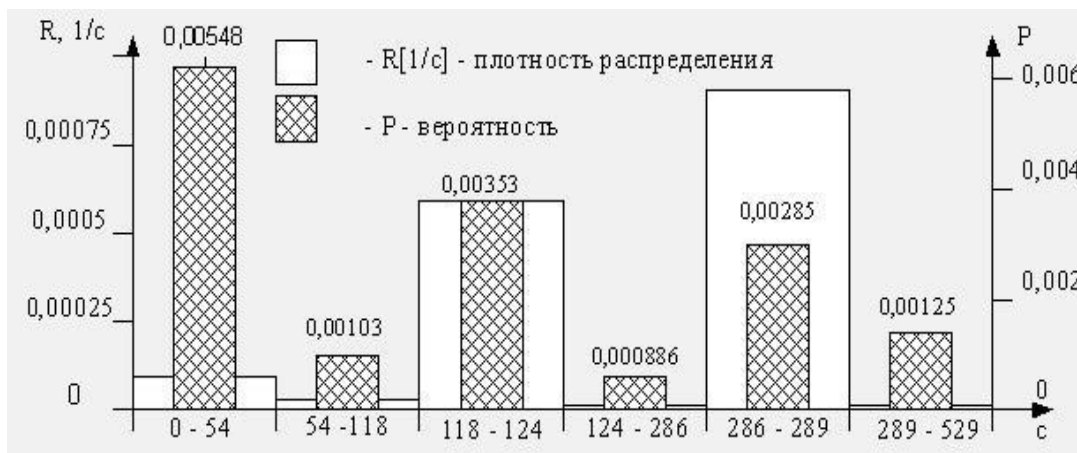


Рисунок 1 – Распределение аварий по времени полета РКН типа «Союз»

Многие из перечисленных моделей и алгоритмов известны и описаны в научно-технической литературе [1-3]. Однако при решении ряда задач они требуют дополнительной детализации, учета связей и факторов, влияющих на процессы аварийного падения РКН и ее ФК.

В связи с особенностями трасс запуска КА представляет интерес следующая постановка задачи синтеза программы движения РКН.

Пусть в общем случае текущие координаты РКН меняются во времени согласно системе дифференциальных уравнений движения

$$\dot{x}_i = f_i(\bar{x}, \bar{u}, t), \quad i=1, \dots, n, \quad (1)$$

где $f_i(\bar{x}, \bar{u}, t)$ – функции \bar{x} , времени t и r -мерного вектора управления

$$\bar{u} = [u_1, u_2, \dots, u_r]^T \in U;$$

\bar{x} – вектор фазовых координат, характеризующий положение объекта с течением времени;

U – множество допустимых управлений \bar{u} .

И пусть в случае выключения двигательной установки (ДУ) в любой момент времени $\tau \in [t_0, t_g]$ (момент наступления аварии, отделения отработавшей ступени, хвостового отсека или головного обтекателя) координаты точки падения РКН или ФК на поверхности Земли $\bar{x}^* \in X^*$ можно определить при помощи следующих функциональных связей

$$x_j^* = F_j(\bar{x}, \dot{\bar{x}}, \tau), \quad j=1, \dots, m, \quad (2)$$

где $F_j(\bar{x}, \dot{\bar{x}}, \tau)$ – функции фазовых координат \bar{x} и скоростей $\dot{\bar{x}}$ для момента выключения ДУ t^* ;

t_g – момент времени, после которого РКН и ее составные части выходят на одновитковую орбиту;

m – размерность вектора \bar{x}^* .

Если задано начальное состояние объекта (точка старта)

$$\bar{x}(t_0) = \bar{x}_0 \quad (3)$$

и функции управления $\bar{u}(t)$, то при предположении, что функции $f_i(\bar{x}, \bar{u}, t), i=1, \dots, n$ непрерывны по совокупности \bar{x} и \bar{u} , непрерывно дифференцируемы по \bar{x} и функции $\bar{u}(t)$ измеримые и ограниченные, решение системы уравнений (1) однозначно определяет траекторию движения объекта $\bar{x}(t)$, которая называется фазовой траекторией.

Пусть, кроме того, задана конечная точка управления (параметры орбиты КА)

$$\bar{x}(t_k) = \bar{x}_k, \quad (4)$$

и получены все возможные управления $\bar{u}(t)$ для всех $t \in [t_0, t_k]$, такие, что траектория $\bar{x}(t)$ проходит в момент времени t_k через точку \bar{x}_k и удовлетворяет ограничениям, налагаемым на траекторию выведения КА на орбиту. Среди этих управлений необходимо найти одно управление, для которого некоторый функционал J принимает экстремальное значение.

Введем систему оценивающих показателей:

1. Масса выводимого РКН полезного груза на орбиту

$$m_{KA} = \int_{t_0}^{t_k} \dot{m}(\bar{x}, \bar{u}) dt. \quad (5)$$

2. Риск для населения вдоль трассы пуска (число поражений) при возникновении аварии РКН в момент времени τ

$$R = R(\bar{x}^*, Z, \tau), \quad (6)$$

где $Z \in X^*$, $Z = [\bar{z}_1, \bar{z}_2, \dots, \bar{z}_N]$ – матрица, строками которой являются координаты нахождения человека вдоль трассы пуска РКН (в общем случае носящие случайный характер),

N – количество людей в опасной зоне.

3. Риск нанесения непреднамеренного ущерба объектам жизнедеятельности человека (здания, сооружения, путепроводы, водоемы, леса и т.п.) РКН или ее ФК при возникновении аварии в момент времени τ

$$R_0 = R_0(\bar{x}^*, Y, \tau), \quad (7)$$

где Y – кортеж, элементами которого являются каталогизированные объекты жизнедеятельности человека, их координаты, размеры, степень защищенности и важности.

С физической точки зрения выведение КА на орбиту сопряжено с движением РКН на АУТ и полетом ФК (отработавшие ступени, хвостовой отсек, головной обтекатель, баки и др.) и самой РКН на ПУТ. Будем предполагать, что при этом РКН и ее ФК движутся по баллистической траектории. Для невозмущенного движения существует функциональная связь между параметрами движения РКН $\bar{x}(\tau)$ в момент времени τ и точкой падения ФК и самой РКН на поверхность Земли \bar{x}^* , а, следовательно, с показателем риска для населения вдоль трассы пуска R и с показателем риска нанесения непреднамеренного ущерба объектам жизнедеятельности человека R_0 .

Введем следующие понятия:

1. Ценовой эквивалент затрат на восстановление непреднамеренного ущерба, который может быть нанесен объектам жизнедеятельности человека в процессе запуска КА, определяемый как $C = \mu(R_0)$, где μ – функция пересчета наносимого непреднамеренного ущерба объектам жизнедеятельности человека при аварийных пусках РКН в денежный эквивалент;

2. Ценовой эквивалент выведения одного килограмма полезного груза на орбиту РКН без учета затрат на восстановление вероятного непреднамеренного ущерба $C_0 = \chi(s)$, где χ – известный оператор соответствия стоимости выведения одного килограмма выводимого полезного груза на опорную орбиту заданному s -му типу РН.

Пример графического представления ценового эквивалента непреднамеренного ущерба C представлен на рисунке 2. Здесь B и L – текущие геодезические широта и долгота соответственно, O_c – точка старта РКН.

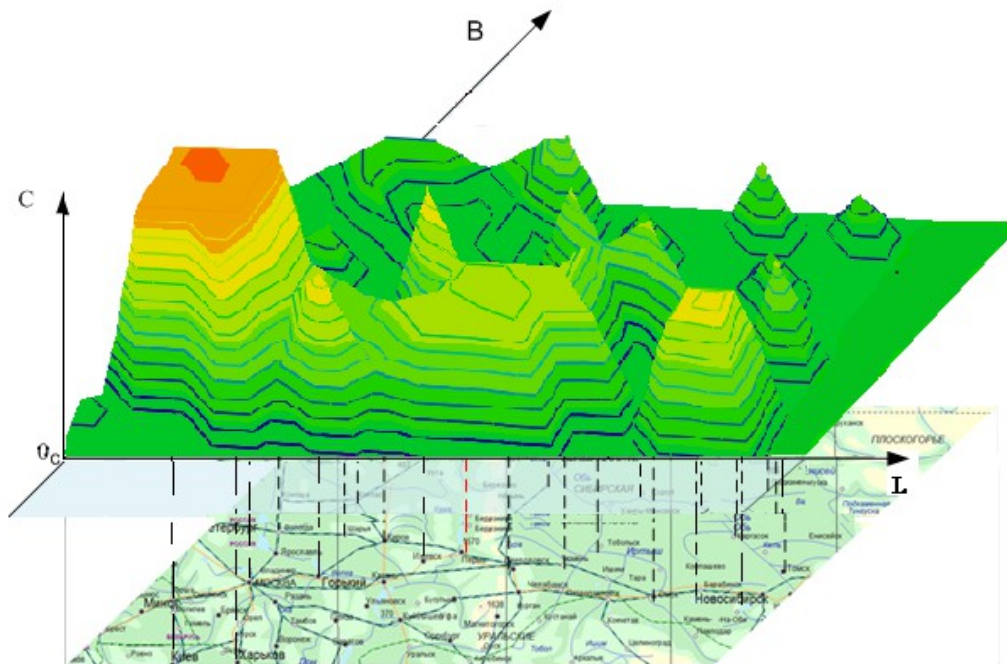


Рисунок 2 – Графическое представление ценового эквивалента непреднамеренного ущерба

Будем считать, что время наступления аварии является случайной величиной $\hat{\tau}$ с плотностью распределения, представленной на рисунке 1.

Тогда для какой-то реализации траектории полета РКН $\bar{x}(t) \in X$ при выбранном управлении $\bar{u} \in U$ и времени наступления аварии $\tau \in [t_0, t_g]$ можно рассчитать показатели m ($\tau \notin [t_0, t_k]$ – отсутствие аварии), R и R_0 , а, следовательно, и показатель C . Реальная стоимость выведения одного килограмма полезного груза с учетом затрат на восстановление вероятного непреднамеренного ущерба в этом случае будет определяться следующим соотношением

$$C_{\Sigma} = C_0 + \frac{C}{m}. \quad (8)$$

Проведя статистическое моделирование момента времени наступления аварии на траектории полета РКН $\bar{x}(t) \in X$ в соответствии с заданным законом распределения случайной величины $\hat{\tau} \in [t_0, t_k]$, можно получить характеристики показателя C_{Σ} (например, математическое ожидание и СКО оценки C_{Σ}).

Обобщая вышесказанное, можно предложить следующие виды оптимизирующих

функционалов J для синтеза программ управления движением РКН на АУТ:

$$1. J_c = \min_{\bar{u} \in U, \bar{x} \in X, m \geq m^D, R \leq R^D} \bar{C}_{\Sigma}(\bar{x}, \bar{u}, \bar{x}^*, Y, \tau) \quad \text{–}$$

максимальный выводимый полезный груз на орбиту с учетом ограничений на параметры движения $\bar{x} \in X$ и управление $\bar{u} \in U$ РКН, а также на допустимые уровни риска для человека и его объектов жизнедеятельности $R \leq R^D$ и $R_0 \leq R_0^D$;

$$2. J_p = \min_{\bar{u} \in U, \bar{x} \in X, m \geq m^D, R \leq R^D} P(\bar{x}, \bar{u}, \bar{x}^*, Y, \tau) \quad \text{–}$$

минимальная вероятность нанесения непреднамеренного ущерба при ограничениях на параметры движения $\bar{x} \in X$ и управление $\bar{u} \in U$ РКН, а также на допустимую массу выводимого полезного груза $m \geq m^D$ и допустимый уровень риска для человека $R \leq R^D$;

$$3. J_c = \min_{\bar{u} \in U, \bar{x} \in X, m \geq m^D, R \leq R^D} \bar{C}_{\Sigma}(\bar{x}, \bar{u}, \bar{x}^*, Y, \tau) \quad \text{–}$$

минимальное значение математического ожидания \bar{C}_{Σ} стоимости выведения одного килограмма полезного груза с учетом затрат на восстановление вероятного непреднамеренного ущерба при ограничениях на параметры движения $\bar{x} \in X$ и управление $\bar{u} \in U$ РКН, а также на допустимую массу выводимо-

го полезного груза $m \geq m^D$ и допустимый уровень риска для человека $R \leq R^D$.

Таким образом, задача синтеза программы движения РКН сведена к стандартной математической постановке задачи поиска оп-

тимального управления с ограничениями. Методы решения данных задач известны, а найденные решения позволят построить экономичные трассы выведения КА на целевую орбиту.

Список использованных источников

1. Агапов И.В., Шатров Я.Т. Учет показателей безопасности при выборе трасс пусков ракет-носителей и районов падения их отделяющихся частей // Космонавтика и ракетостроение. – 1999. – № 15. – С. 49-57.
2. Куреев В.Д. Введение в теорию синтеза траекторий безопасного выведения космических аппаратов на орбиты. – СПб.: ВИКУ, 1999. – 111 с.
3. Аверкиев Н.Ф. Синтез оптимального управления движением динамической системы // Известия высших учебных заведений: Приборостроение. – 2001. – № 8. – С. 21-25.

А.Е.Николаев, кандидат экономических наук, доцент

Научно-технологическая программа министерства обороны США: вопросы организации, планирования, управления

Статья посвящена рассмотрению проблем и перспектив развития сотрудничества государства и бизнеса, как ключевого направления в стратегии развития оборонной науки и технологий. Анализируется опыт Министерства обороны США в организации, планировании и управлении военно-ориентированных исследований и разработок.

В начале XXI века наряду с наращиванием объемов прямого финансирования стратегическим направлением государственной политики США в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) становится активное содействие инновационной деятельности частных компаний, поощрение развития научно-исследовательских центров и образовательных учреждений. В стране, где свыше 70% финансирования НИОКР обеспечивает частный сектор, разработаны и постоянно совершенствуются меры по взаимодействию государственных структур и бизнеса. Эти тенденции прослеживаются при анализе программ, принятых и реализуемых в США в текущем десятилетии: содействие национальной конкурентоспособности, создание условий для быстрорастущих секторов экономики, инновационное развитие регионов, дальнейшее вовлечение малого бизнеса в разработку, освоение и распространение новых технологий [1].

Государство в США уже более полувека выступает активным субъектом научно-технологической политики. В проекте бюджета страны на 2013 финансовый год на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, включая военные, планируется выделить 142,2 млрд. долларов [2]. Однако роль государства выходит далеко за пределы прямого финансирования НИОКР и заключается также в определении наиболее перспективных и важных направлений исследований, в разработке стратегии технологического раз-

вития страны, в совершенствовании механизмов защиты прав интеллектуальной собственности, наконец, в создании предпосылок для развития частной инициативы и взаимодействия всех субъектов научно-технологического партнерства в условиях ужесточения глобальной конкуренции.

Следует отметить, что в научно-технологической и инновационной сферах формализация отношений в рамках государственно-частного партнерства осуществляется в виде некоторой программы, которая, в свою очередь, может состоять из подпрограмм, направленных на решение достаточно частных специфичных проблем. Представители государственных органов управления курируют программу в целом, активно занимаясь ее организацией, а в оперативное управление подпрограмм активно вовлекаются государственные научно-исследовательские организации и вузы, частные фирмы. Организационные формы управления партнерским проектом (децентрализованное сетевое управление, специально создаваемые консорциумы и исследовательские центры) определяются его направленностью.

Реализация программ в рамках государственно-частного партнерства предполагает не только доленое финансирование сторон, но и совместное использование информации, результатов исследований и разработок, интеллектуальной собственности, новых технологий, кадров и мощностей. Программы могут быть нацелены на стимулирование НИОКР в

частном секторе, а могут работать по принципу дополняемости, когда исследования государственных НИИ, например академического профиля, дополняют работу частного сектора. В первом случае инициаторами кооперации, как правило, выступают компании и фирмы, а во втором – государственные исследовательские организации. Однако и в том и в другом случае определяющими являются наличие мотивации к инновациям у производителя и создание специальных институтов кооперации, способных заполнить существующие провалы между разным характером научно-исследовательской и предпринимательской деятельности, организовать реализацию так называемого технологического толчка и тяги рынка в соответствующей области кооперации [3].

США были пионером использования механизмов государственно-частных партнерств, отработав такую новую организационную форму взаимодействия в оборонном секторе в ходе реализации федеральной программы двойного использования науки и технологий (*Dual-Use Science and Technology Program, DUS&TP*). Следует отметить, что по оценкам экспертов министерства обороны США, до 90% фундаментальных исследований военного ведомства (по статье 6.1 бюджета на военные НИОКР) и до 50% прикладных (по статье 6.2) имеют потенциал двойного использования [4]. Подавляющая часть федеральных контрактов, осуществляемых в рамках программы двойного использования науки и технологий, была заключена не с предприятиями, специализирующимися в оборонной области, а с коммерческими фирмами, чьи технологии внедряются быстрее, стоят дешевле и которые более оперативно реагируют на изменения рыночного спроса.

Благодаря таким партнерствам министерство обороны (МО) смогло активизировать процесс создания передовых технологий и в то же время получить доступ к их дальнейшему использованию для потребностей обороны. Оказалось, что государство на условиях

долевого участия может оказывать сильное стимулирующее воздействие на частнопромышленный сектор, привлекая его к участию в реализации общественно значимых задач. В результате вместо стопроцентного финансирования издержек на разработку технологий, необходимых для государственного потребления, государство через свои ведомства смогло привлечь инвестиции частного капитала.

Огромное влияние на укрепление взаимодействия государства и бизнеса оказали и поддерживающиеся в течение многих десятилетий военно-политические установки о необходимости поддержания военно-технологического превосходства США над другими странами мира.

«Технологическое превосходство вооруженных сил США над армиями других стран является залогом успешного решения задач по обеспечению национальной безопасности Америки. Для поддержания достигнутого уровня развития вооружения и военной техники (ВВТ) министерство обороны непрерывно направляет свои усилия на развитие и укрепление структур национальной оборонной и гражданской промышленности, государственных лабораторий и академических подразделений, обеспечивающих Пентагон результатами последних изысканий научного и технологического характера, которые должны или могут быть использованы в военной сфере» [5], – говорится в докладе ответственного руководителя МО США по размещению оборонных заказов Фрэнка Кендалла на слушаниях в американском Сенате 3 мая 2011 г.

Трансформация вооруженных сил (ВС) США – главная направляющая поддержания военно-технического превосходства в настоящем и обеспечения его в будущем. Сегодня к важнейшим способам поддержания военно-технологического превосходства относятся: укрепление инновационной способности, концентрация усилий на перспективных научно-технологических направлениях и

прогнозирование потребностей вооруженных сил.

Как показывают исследования, при выборе стратегии в области науки и технологии в США учитывают [6]:

- факт существования асимметричных угроз;
- необходимость значительного расширения сферы использования коммерческих технологий, причем важно определить, какие именно технологии МО должно разрабатывать самостоятельно, а какие из них следует приобретать на рынке;
- потребность в ускорении «революции в военном деле».

В современной трактовке «революция в военном деле» связывается как с появлением новых угроз, многие из которых не могут быть парированы традиционными средствами, так и со сдвигом в характере ключевых военных технологий. Хотя крупные и сложные платформы все еще будут играть определенную роль, они станут менее важными по сравнению с общим комплексом систем, интегрированных в более крупные сети боевых возможностей. «Революция в военном деле» подчеркивает важность создания и использования новых технологий, концептуализацию систем и интеграцию потенциальных возможностей, а не разработку и производство военной техники как таковой. Она опирается на сочетание доктрин, стратегических и тактических приемов применения объединенных сил, изменений в военной организации и интегрированном тыловом обеспечении с прорывами в области информационных и телекоммуникационных технологий, а также других перспективных технологий с большим потенциалом использования в военном деле [7].

Развитие «революции в военном деле» привело к тому, что в середине 90-х годов прошлого века была предпринята попытка интегрировать достижения в передовых отраслях науки и техники в военную науку, а также определить основное направление

трансформации вооруженных сил США в следующем столетии.

Попытка определить такое направление была предпринята в документе Комитета начальников штабов «Единая перспектива – 2010» (*Joint Vision – 2010*), который сформировал концептуальную основу ведения совместных операций и боевых действий будущего и отразил взгляды стратегов Пентагона на проблемы ведения операций в эпоху становления информационного общества. Он определил направления перспективного развития видов ВС в условиях глобализации, делая при этом упор на обеспечение их эффективного взаимодействия.

В настоящее время для надежного отражения внезапных ударов в XXI веке американские военные переходят от модели, в которой отправным моментом является угроза (которая ранее доминировала в теории обороны), к модели, опирающейся на силы и средства, необходимые в будущем [8].

В этой связи примечательно, что в последние годы внимание специалистов привлекла относительно новая концепция ведения войн будущего – концепция сетевой (сетцентрической) войны (*network-centric warfare – NCW*), которая выступает во многом в качестве идейной основы трансформации вооруженных сил США и НАТО, осуществляемой в настоящее время.

Смысл американского военного строительства в рамках «новой теории войны» (*emerging theory of war*) информационной эпохи состоит в создании мощной и всеобъемлющей сети, которая заменяет ранее существовавшие модели и концепции военной стратегии, интегрирует их в единую систему. Регулярная армия, все виды разведок, технические открытия и высокие технологии, журналистика и дипломатия, экономические процессы и социальные трансформации, гражданское население и кадровые военные, регулярные части и отдельные слабо оформленные вооруженные группы – все это интегрируется в единую сеть, по которой циркулирует

информация. Создание такой сети, по оценкам некоторых специалистов, составляет сущность очередной военной реформы, осуществляемой в США.

Данное направление в развитии военной мысли, обусловленное трансформацией взглядов на характер угроз в новом веке, было положено в основу концепции строительства американских вооруженных сил «Единая перспектива – 2020» (*Joint Vision – 2020*), принятой в 2002 году.

В свою очередь, анализ боевых возможностей и потребностей ВС осуществляется в рамках выходящего раз в четыре года обзора оборонной политики (*Quadrennial Defense Review Report*). В этом документе, который

подписывается министром обороны, анализируется современное состояние ВС и показываются основные направления их дальнейшего развития. На его базе министерства видов ВС разрабатывают направления военного строительства и развития ВВТ с учетом своих особенностей, которые затем реализуются в соответствующих программах и проектах.

Концепция «Единая перспектива – 2020» и четырехлетний обзор оборонной политики являются основополагающими документами в системе планирования (рисунок 1) научно-технологической программы министерства обороны (*DoD Science and Technology (S&T) program*).



*Technology Area Reviews and Assessments – Анализ и оценка групп технологий

Рисунок 1 – Система планирования работ в области науки и технологии

Главной целью программы МО в области науки и технологии провозглашено «обеспечение боевых подразделений в настоящее время и в будущем более передовой по сравнению с ВС других стран и доступной по стоимости технологией, позволяющей американским вооруженным силам решать возложенные на них задачи и дающей им революционные возможности для одержания победы» [9].

Научно-технологическая программа МО США определяется пятью директивными

документами: периодически обновляемой «Стратегией в области оборонной науки и технологии» (*Defense Science and Technology Strategy*), ежегодным «Научно-технологическим планом в области боевых действий объединенных сил» (*Joint Warfighting S&T Plan*), обновляемым раз в 2 года «Планом разработки групп оборонных технологий» (*Defense Technology Area Plan*), ежегодными «Целями в области оборонных технологий» (*Defense Technology Objectives*) и

двухгодичным «Планом фундаментальных исследований» (*Basic Research Plan*) [10, 6].

Целью «Научно-технологического плана в области боевых действий объединенных сил» является, прежде всего, обеспечение возможности разработки технологий, в наибольшей степени отвечающих потребностям боевых подразделений ВС США. План формируется группой представителей министерств видов ВС, агентств МО, Комитета начальников штабов и аппарата министра обороны и утверждается помощником министра обороны по приобретению, технологиям и материально-техническому обеспечению, а также заместителем председателя Комитета начальников штабов. Ежегодно (1 марта) он представляется конгрессу. План охватывает работы категорий 6.2. «Прикладные исследования» и 6.3. «Разработка перспективных технологий». В нем предусматривается разработка технологий, позволяющих снизить отрицательные последствия для конструкций (например, зданий и сооружений) различных механических воздействий, включая взрывы (в том числе в результате террористических акций).

План разрабатывается на основе «целей, которые должны быть достигнуты в процессе создания возможностей по проведению боевых действий объединенными силами» (*Joint Warfighting Capability Objectives*) и содержит, помимо данных по бюджету, перечень указанных целей, фактически отражающих потребности американских ВС.

«План разработки групп оборонных технологий» обеспечивает «горизонтальное» согласование усилий различных видов ВС и агентств МО по созданию технологий в своих интересах. Близкие по направлению исследования объединены в группы технологий (в настоящее время их 12).

В плане определены цели и сроки разработки технологий, являющихся критически важными для МО. Например, разрабатываются так называемые гиперспектральные технологии (анализ прозрачности воды и др.).

В документе «Цели в области оборонных технологий» раскрывается суть этих технологий, указываются сроки разработки, преимущества, которые будут получены в результате их внедрения, будущие потребители, приводятся 1-2 количественных критерия, позволяющих оценить технический прогресс. Следует отметить, что указанный документ не охватывает все технологии, содержащиеся в «Плане разработки групп оборонных технологий», а также разрабатываемые видами ВС, агентствами МО, что позволяет последним проявлять больше гибкости и в проведении исследований.

«Цели в области оборонных технологий» играют роль строительных блоков научно-технологической программы МО США и служат средством планирования и программирования исследований. Сроки их достижения, как правило, ограничиваются 3-5 годами, и их нарушение допускается только в виде исключения.

В подготовке документа под названием «Анализ и оценка групп технологий» (*Technology Area Review and Assessment, TARA*) принимает участие большая группа квалифицированных экспертов, представляющих МО (примерно 1/3), промышленность и академические круги. Программы анализируются с точки зрения их соответствия «Целям в области оборонных технологий», потребностям в разрабатываемой технологии, финансовой и технической реализуемости и т.д.

Задачей «Плана фундаментальных исследований» является увязка долгосрочных разработок с достижением американскими ВС революционных возможностей. В нем приводятся цели и данные о финансировании исследований, проводимых университетами, промышленностью и военными лабораториями в интересах МО. Таким образом, например, разрабатываются технологии, существенно повышающие «невидимость» подводных лодок для средств обнаружения противника путем создания вокруг них среды, близкой к естественной, при этом изменение характери-

стик среды (их формирование) должно осуществляться с помощью компьютера, установленного на борту лодки.

В качестве наиболее перспективных областей технологий, разработка которых должна вестись в рамках научно-технологической программы МО, выбраны следующие:

- информационные технологии (компьютерные системы, информационная безопасность, математическое обеспечение для автономных систем, взаимодействие в системе «человек-компьютер», управление энергетическими системами, квантовые и «биологические» вычислительные приборы и т.д.);
- высокоинтеллектуальная сенсорная сеть – сеть «умных» датчиков, расположенных на различных средствах, в том числе и на космических, и позволяющих командованию и войсковым подразделениям получать практически в реальном масштабе времени информацию об обстановке на поле боя (к этому же разделу, в частности, относится разработка динамических баз данных, микродатчиков, технологий беспроводной связи, Интернета нового поколения);
- «познавательная» боеготовность – организация постоянного обучения и тренировок личного состава в местах дислокации по проведению самых различных операций (от гуманитарной помощи до боевых действий) с широким использованием системы дистанционного обучения;
- защита вооруженных сил (технологии защиты от химического и биологического оружия);

- защита критической инфраструктуры (например, оборона от кибертерроризма, безопасность важнейших информационных систем), в частности, разработка технологий, обеспечивающих возможность обнаружения и поражения защищенных и расположенных глубоко под землей целей.

Для обеспечения поддержки и автоматизации процессов формирования и согласования перспективных планов исследований и разработок с 1998 года в МО США успешно функционирует информационно-аналитическая система распределенного планирования *Science and Technology Collaboration Tool*. Эта система объединяет заказывающие ведомства и научно-исследовательские организации Министерства обороны, университеты, промышленные компании и малые коммерческие фирмы в единую среду распределенного планирования и согласования.

Общая сумма военного бюджета США на 2012 г. составляет 645,7 млрд. долл. (в 2011 г. – 687 млрд. долл.), из которых 72,8 млрд. долл. (в 2011 г. – 76,1 млрд. долл.) предназначены для проведения «исследований, разработок, испытаний и оценивания» [11-14].

Бюджет НИОКР Министерства обороны США формируется и реализуется в рамках трех взаимосвязанных структурных подсистем – программной, организационной и функциональной [15].

Первая включает программы перспективного развития вооружения, приобретения новых видов ВВТ и т.п.

Таблица 1 – Расходы МО США на НИОКР видов ВС (в текущих ценах, тыс. долл.) [12-14]

| Статья расходов | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Сухопутные войска (<i>RDT&E, Army</i>) | 12078895 | 11710796 | 9760396 | 8760228 |
| ВМС (<i>RDT&E, Navy</i>) | 19733741 | 19948370 | 17865538 | 17793459 |
| ВВС (<i>RDT&E, AF</i>) | 26691777 | 27917273 | 27421360 | 26739801 |
| В интересах МО в целом (<i>RDT&E, DW</i>) | 21661178 | 20890194 | 20895338 | 19355235 |
| Оперативные оценки и испытания в интересах МО (<i>Operational Test & Eval, Defense</i>) | 185202 | 188237 | 192094 | 188037 |
| ВСЕГО | 80650793 | 80654870 | 76134726 | 72836760 |

Организационная подсистема (таблица 1) структурирует научно-технологическую программу по заказчикам работ – получателям бюджетных средств (виды ВС, управления и службы МО США).

В рамках организационной подсистемы все расходы МО США на НИОКР, объединенные в «Программе исследований, разработок, испытаний и оценивания» (*Research, Development, Test And Evaluation Programs*), структурируются по семи категориям (таблица 2).

Таблица 2 – Расходы МО США на НИОКР по отдельным видам деятельности (в текущих ценах, тыс. долл.) [12-14]

| Категория НИОКР | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Фундаментальные исследования (<i>Basic Research</i>) | 1758446 | 1814690 | 1876828 | 2112434 |
| Прикладные исследования (<i>Applied Research</i>) | 5071963 | 4984062 | 4328544 | 4739270 |
| Разработка перспективных технологий (<i>Advanced Technology Development</i>) | 6424946 | 6506923 | 5339651 | 5411332 |
| Разработка перспективных компонентов и промышленных образцов (<i>Advanced Component Development and Prototypes</i>) | 14939163 | 14468633 | 14141522 | 13461940 |
| Разработка систем и демонстрация (<i>System Development and Demonstration</i>) | 18125159 | 16779338 | 14346306 | 14139740 |
| Руководство НИОКР (<i>RDT&E Management Support</i>) | 5991158 | 6097739 | 5661167 | 4584090 |
| Разработка оперативных систем (<i>Operational Systems Development</i>) | 28339958 | 30003485 | 30440708 | 28387954 |
| ВСЕГО | 80650793 | 80654870 | 76134726 | 7283676 |

Функциональная подсистема структурирует программу по задачам ВС, направлениям развития оборонных технологий и системы вооружения в целом (таблица 3).

Функциональная подсистема представлена, в частности, «Планом фундаментальных исследований» и «Планом в области науки и технологий министерств видов ВС и агентств МО США».

В «Плане фундаментальных исследований» все работы группируются в рамках шести научных областей знаний (рисунок 2) и семи приоритетных направлений междисциплинарных работ (рисунок 3) [16]. В нем формулируется долгосрочная стратегия развития, определяются цели и задачи работ, в основном ориентированных на формирование задела для технологических прорывов.

«План в области науки и технологий министерств видов ВС и агентств МО США» представляет собой горизонтальную интеграцию программ прикладных исследований и технологических разработок по важнейшим направлениям развития ВС. Цели, направления и связанные с ними комплексные задачи

определяются комитетом начальников штабов.

Процесс, охватывающий базовые и прикладные исследования, а также развитие передовых технологий и медицинские разработки, принято называть *научно-технологическими военными инновациями (S&T based military innovation)*, подразумевая под ними как прямую и долгосрочную поддержку со стороны военных через министерства обороны, виды вооруженных сил и соответствующие исследовательские организации, так и объединение усилий фундаментальной науки и прикладных исследований и исследовательских технологических разработок для поддержания и укрепления военного потенциала в будущем [17].

В целом же, в США достаточно хорошо отработана технология сводного межведомственного планирования, для чего созданы постоянные организационно-плановые структуры, а также временные экспертные рабочие группы и комитеты. Причем основная деятельность этих структур не связана с бюджетным программированием, а ориентирована

на обеспечение согласованности и достоверности информации при подготовке межве-

домственных планов – разумеется, в рамках бюджетных ограничений.

Таблица 3 – Расходы МО США на НИОКР по главным программам (в текущих ценах, тыс. долл.) [12-14]

| Программы | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Стратегические силы (<i>Strategic Forces</i>) | 606571 | 1193930 | 984667 | 1012377 |
| Силы общего назначения (<i>General Purpose Forces</i>) | 4031379 | 4555402 | 4118864 | 3910579 |
| Разведка и связь (<i>Intelligence and Communications</i>) | 5154166 | 5665251 | 5289900 | 4833605 |
| Силы и средства переброски войск (<i>Mobility Forces</i>) | 563770 | 508158 | 425404 | 285289 |
| Исследования и разработки (<i>Research and Development</i>) | 51436657 | 49529316 | 45363510 | 44303713 |
| Централизованное тыловое снабжение и ремонт (<i>Central Supply and Maintenance</i>) | 494632 | 553914 | 430106 | 390042 |
| Обучение, медицинское обслуживание и другая деятельность, связанная с личным составом (<i>Training Medical and Other</i>) | 28071 | 58303 | 60015 | 39211 |
| Административная и связанная с ней деятельность (<i>Administration and Associated Activities</i>) | 181720 | 173173 | 127503 | 126389 |
| Помощь другим государствам (<i>Support of Other Nations</i>) | 26260 | 69668 | 94260 | 3798 |
| Силы специальных операций (<i>Special Operations Forces</i>) | 462974 | 553264 | 423902 | 469371 |
| Закрытые программы (<i>Classified Programs</i>) | 17664593 | 17794491 | 18816595 | 17462386 |
| ВСЕГО | 80650793 | 80654870 | 76134726 | 72836760 |

Общее руководство научно-технологической программой МО осуществляет заместитель министра обороны США по приобретению, технологиям и материально-техническому обеспечению (рисунок 4).

Необходимо отметить, что сохранение высокого уровня военных НИОКР считается в США ключевым моментом в поддержании,

хотя и меньшей по размерам, но высокоэффективной военно-промышленной базы, обеспечивающей технологическое превосходство в сфере создания новых вооружений и обладающей такой базой знаний и таким техническим оснащением, которые позволят быстро и надежно удовлетворить вновь возникающие потребности.

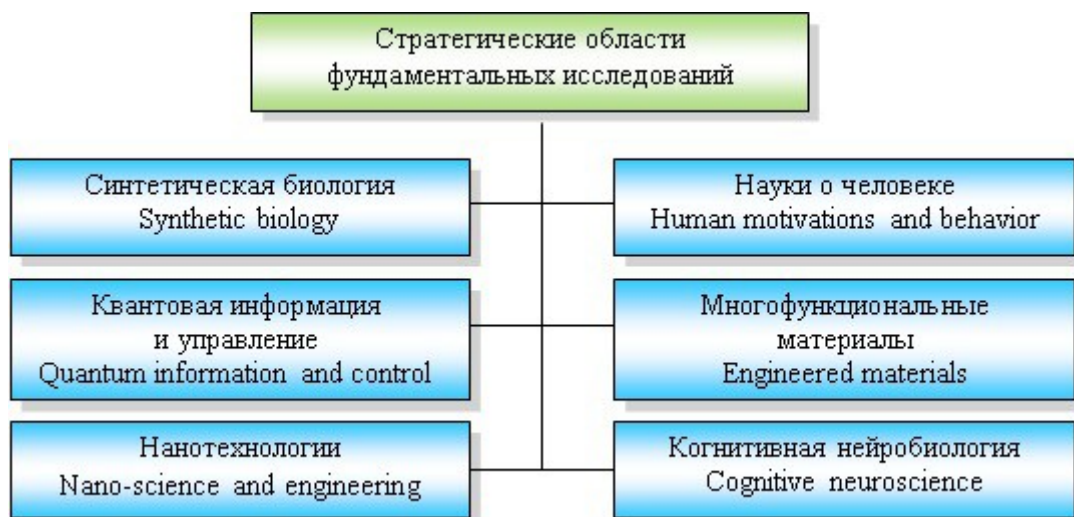


Рисунок 2 – Стратегические области фундаментальных исследований

Однако развитие сферы военных НИОКР становится все более сложным и противоре-

чивым, причем усиливается разрыв между быстрым ростом стоимости НИОКР и суще-

ствующими финансовыми возможностями. В то же время научно-технические возможности по созданию новых видов вооружения и военной техники будут расширяться, прежде

всего, в результате ориентации на наиболее перспективные технологии и упрочения тенденции к сближению военных и гражданских НИОКР.

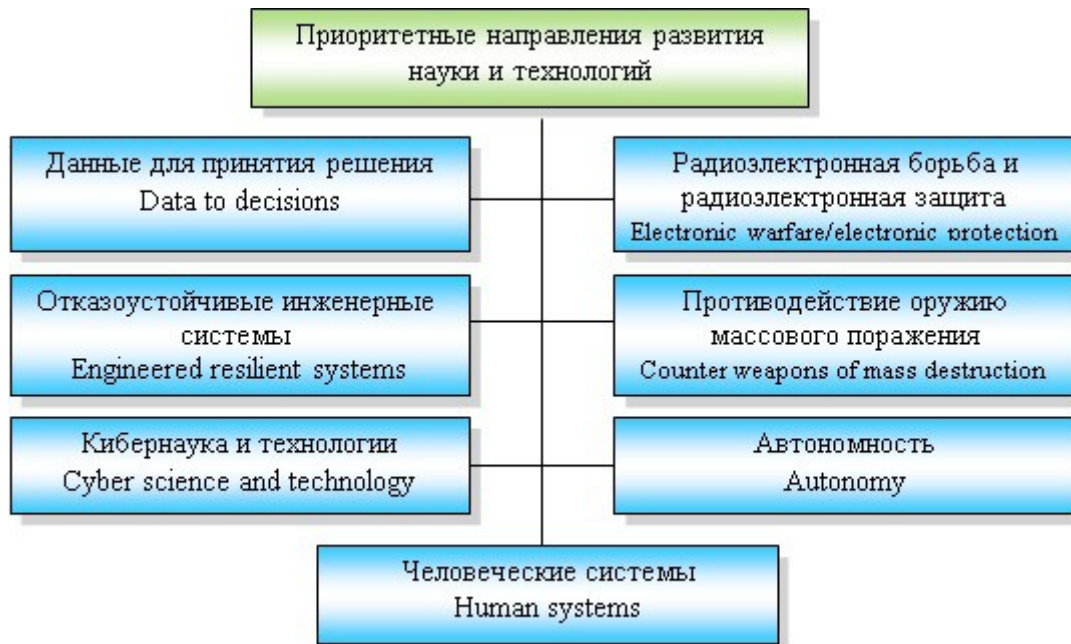


Рисунок 3 – Приоритетные направления развития науки и технологий

В этой тенденции отражаются многие реалии нынешнего этапа научно-технологического развития – высокая и продолжающая увеличиваться стоимость НИОКР, необходимость многодисциплинарного подхода, обусловленная высокой технической сложностью вновь создаваемых изделий, значительное повышение качественных характеристик изделий гражданского назначения, сближение военных и гражданских технологий, расширение спектра технологий двойного назначения и т.д. Сама тенденция к формированию единой научно-технологической базы стала одним из центральных направлений сближения военного и гражданского секторов хозяйства.

Одним из свидетельств формирования единой научно-технологической базы служит создание крупных научно-исследовательских объединений, ведущих широкие исследования и разработки в отраслях, которые интересуют как военные ведомства, так и гражданскую промышленность, и которые фи-

нансируются совместно частными фирмами и министерством обороны [7].

Отчетливо выраженную «двойную направленность» (военную и гражданскую) имеют возникшие в США в последние годы новые научно-технические районы, организованные примерно на тех же принципах, что и широко известные «Силиконовая долина» и «Дорога № 128». К числу таких районов относятся, например, «Кремниевая прерия» в Иллинойсе, «Телекоммуникационный коридор» в Техасе, «Оптическая долина» в Аризоне, «Лазерная дорога» во Флориде, «Керамический коридор» в штате Нью-Йорк.

Формированию единой научно-технологической базы способствует в большой мере и наличие в США развитой информационной инфраструктуры, включая Интернет (первоначально созданный на базе АРПАНЕТ – сети связи управления перспективных научно-исследовательских программ Министерства обороны США), многочисленные базы данных и т.д. Собственно говоря, элементы информа-

ционной инфраструктуры, обслуживающие военные и гражданские НИОКР, по существу,

являются и элементами единой научно-технологической базы.

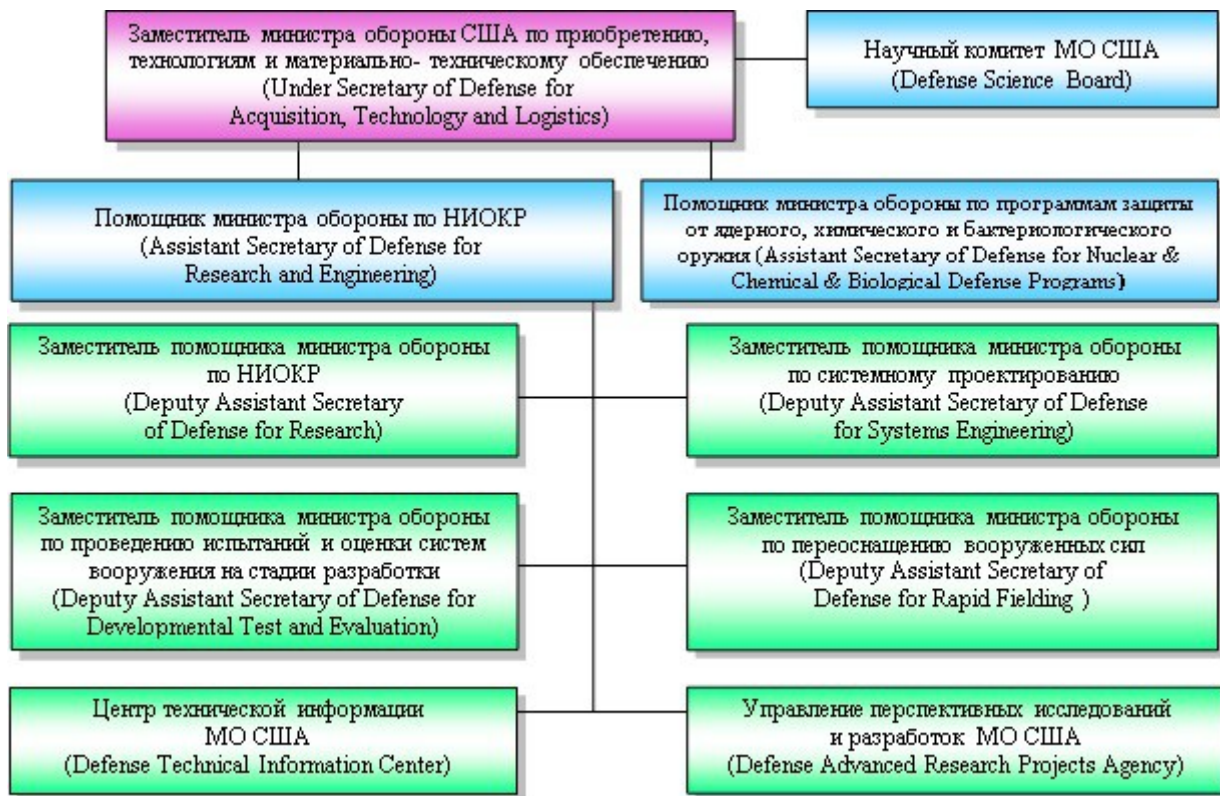


Рисунок 4 – Организация управления исследованиями и разработками МО США

О широких возможностях объединения усилий в области военных и гражданских НИОКР говорит и такой факт. Сопоставив, уже несколько лет назад, перечень «критически важных в военном отношении технологий», разработанный министерством обороны, перечень «нарастающих технологий», подготовленный министерством торговли, и перечень «критически важных для страны технологий», составленный специальной рабочей группой, созданной при Белом доме, американские специалисты обнаружили, что эти три списка в значительной степени перекрывают друг друга, причем речь шла, прежде всего, о технологиях, связанных с электроникой, информатикой, разработкой средств дальней связи, лазерной техникой, биотехнологией, получением новых материалов, созданием искусственного интеллекта и др. [7].

Следует заметить, что с точки зрения американских специалистов, введение термина «критически важные технологии» очерчивает

область технологий, особенно значимых для решения военно-ориентированных задач. Методологии их отбора присуща обязательность и рациональность целей и задач, предопределяющих разработку перечня.

В настоящее время перечень критически важных технологий МО США включает 2 раздела [18]: перечень критических военных технологий (*Military Critical Technologies List*); перечень разрабатываемых критических научных направлений и технологий в области обороны (*Developing Science and Technologies List*). Каждый из указанных перечней включает по 20 технологических разделов.

В последние годы в США формирование перечней критических военных технологий осуществляется с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий. Для этих целей разработана автоматизированная информационная система и соответствующая база данных, содержащая подробнейшее описание критических

технологий. Достаточно отметить, что по заказу МО США в рамках специальной программы развития критических военных технологий (*The Military Critical Technologies Program*) ежегодно ведется научно-исследовательская работа по совершенствованию перечней критических военных технологий со среднегодовым объемом финансирования 2 млн. долларов.

Большое внимание в рамках научно-технологической программы МО уделяется укреплению сотрудничества между ее участниками. Для разработки новейших вооружений в США сложилась и непрерывно совершенствуется мощная, развивавшаяся в течение десятилетий и хорошо финансируемая система промышленных, исследовательских, учебных и других организаций и учреждений, в которую входят следующие основные элементы:

- частные промышленные корпорации, осваивающие подавляющую часть затрат на военные НИОКР, непосредственно выполняющие заказы на разработку военной продукции, реализующие новые технические решения, помогающие вооруженным силам использовать новые технологии;
- научные учреждения (лаборатории) видов вооруженных сил (*DOD Laboratories*), связы-

вающие непосредственных исполнителей военных заказов с научно-техническими специалистами;

- научные учреждения других ведомств, способствующие усилению научно-технологического потенциала вооруженных сил в общих областях;
- центры исследований и разработок, финансируемые федеральным правительством (*Federally Funded R&D Centers*);
- университеты, служащие источниками новых знаний и обеспечивающие приток новых высококвалифицированных кадров ученых и инженеров;
- сеть созданных министерством обороны собственных исследовательских центров на базе университетов (*University Affiliated Research Centres*);
- управление перспективных исследований и разработок МО США (*DARPA*), занимающееся проектами, связанными с высокими рисками, но сулящими получение результатов, имеющих принципиальное значение.

Этот механизм можно охарактеризовать как *военную инновационную систему*, органически вплетенную в национальную инновационную систему, что является одной из сильных сторон научно-технологического развития в США [7].

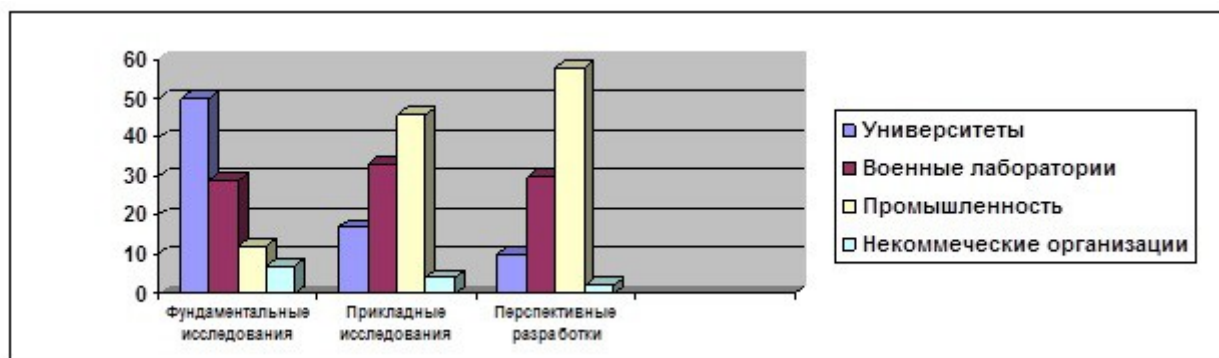


Рисунок 5 – Финансирование военных НИОКР США (разделы 6.1-6.3) по секторам науки (%) [20]

Значительная часть исследований в рамках научно-технологической программы МО США проводится в университетах: в целом, здесь реализуется порядка 50% бюджета базовых исследований, 15% от прикладных ис-

следований, 10% от развития передовых технологий. Около 40% бюджета фундаментальных и прикладных исследований осваивается в лабораториях министерства обороны, расположенных в США, 35% – через исследова-

тельские контракты с промышленностью, оставшиеся 25% – в университетах [19].

Подтверждением высокого уровня разработок в военном ведомстве может явиться, по-видимому, тот факт, что к 2003 г. по результатам научных исследований, проводившихся в основном на средства МО, было получено 69 Нобелевских премий [6].

Анализ деятельности МО США показывает, что реализованная в рамках научно-технологической программы МО США институциональная и технологическая модернизация, сближение уровней развития военной и гражданской экономики, создала реальные условия усиления их взаимодействия, сняла многие препятствия (прежде всего, технологические) взаимного перелива технологий. Уникальные возможности симбиоза военной и гражданской экономики проявились параллельно с серьезными изменениями в закупочной политике.

Вследствие синтеза военных и гражданских секторов экономики в военной области повысилось внимание к коммерческой целесообразности научно-технологических военных инноваций. Усилилось значение рыночных рычагов во взаимодействии всех участников инновационного процесса, таких как налоги, цены, кредиты, информационно-консультационная и маркетинговая поддержка.

В результате наблюдаются изменения в формах согласования и координации интересов участников научно-технологической деятельности в военно-ориентированных отраслях промышленности через реализацию разнообразных форм партнерства, лизинговых схем, промышленного кредитования, страхования рисков на всех этапах инновационного процесса. Для компаний военно-ориентированного сектора все более важным инструментом при выстраивании их конкурентных преимуществ становится технологический аутсорсинг, когда первичные подрядчики МО решают, где им целесообразнее располагать их технологические активы: в оборонном или коммерческом секторе.

В итоге, кардинальным образом снизилась степень изолированности, закрытости военно-промышленной базы и военно-научной деятельности для гражданских потребителей. Одновременно усилился обратный процесс: использование достижений гражданского сектора в военных целях.

В заключение хотелось бы отметить, что опыт МО США в организации и планировании развития науки и технологий заслуживает пристального внимания российских специалистов. Его изучение и применение, на наш взгляд, позволит повысить эффективность использования научно-технологического потенциала ОПК России и реализуемость плановых документов.

Список использованных источников

1. Белинский А.Н. Приоритеты научно-технической политики США в начале XXI века: взаимодействие государства и бизнеса / А.Н. Белинский, С.В. Емельянов, Л.Ф. Лебедева. – М.: ИСКРАН, 2009. – 83 с.
2. Research and Development in the FY 2013 Budget Matt Hourihan, March 27, 2012 For the House Research and Development Caucus AAAS R&D Budget and Policy Program.
URL: <http://www.aaas.org/spp/rd>
3. Ленчук Е.Б., Власкин Г.А. Инвестиционные аспекты инновационного роста: мировой опыт и российские перспективы. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 288 с.
4. Модернизация российской экономики: структурный потенциал / Отв. ред. Н.И. Иванова, науч. рук. Ю.В. Куренков. – М.: ИМЭМО РАН, 2010. – 228 с.
5. The Health and Status of the Defense Industrial Base and its S&T Elements // Prepared Statement Senate Armed Services Subcommittee on Emerging Threats and Capabilities, Tuesday,

May 3, 2011. URL: <http://armed-services.senate.gov/statemnt/2011/05%20May/Kendall-Lemnios-Lambert%2005-03-1.pdf>.

6. Тищенко Г.Г. Повышение экономической эффективности военного строительства в США. – М.: РИСИ, 2004. – 397 с.

7. Фарамазян Р.А., Борисов В.В. Трансформация военной экономики в XX – XXI века. – М.: Наука, 2006. – 343 с.

8. Карпухин В.Б., Лемешев С.В. О некоторых тенденциях в военном строительстве в начале XXI века // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. Серия: Проблемы национальной безопасности. – 2008. – № 19 (364).

9. Basic Research Plan, DOD, DDR&E, Washington, DC, February 2003, I-1.

URL: http://research.usc.edu/files/2011/05/2003_Dod_Basic_Research_Plan.pdf

10. Augustus W. Fountain III Transforming defense basic research strategy // U.S. Army War College, Carlisle Barracks, Pennsylvania, 2004. – 21 с.

11. Overview – Fiscal Year 2013 Defense Budget / Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller) // Chief financial officer: legacy website. February 2012. URL: http://comptroller.defense.gov/defbudget/fy2013/FY2013_Budget_Request_Overview_Book.pdf

12. RDTE programs (R-1) // Department of Defense Budget Fiscal Year 2013. – February 2012, Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller). – P. III.

13. RDTE programs (R-1) // Department of Defense Budget Fiscal Year 2012. – February 2011, Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller). – P. III.

14. RDTE programs (R-1) // Department of Defense Budget Fiscal Year 2011. – February 2010, Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller). – P. III.

15. Бочаров Л.Ю. Научно-технические программы в США – что определяет успех? // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2009. – №6. – С. 16-22.

16. Report of the Defense Science Board Task Force on Basic Research // Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology and Logistics. – January 2012. – 123 с.

17. Хагелин Б. Научно-технологические военные инновации: США и Европа // Ежегодник СИ-ПРИ: вооружения, разоружение и международная безопасность. – М.: Наука, 2005. – С. 277-301.

18. Буренок В.М. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация / Буренок В.М., Ивлев. А.А., Корчак В.Ю. – Тверь: Купол, 2009. – 624 с.

19. Swearingen, W. and Dennis, J. US Department of Defense technology transfer: the partnership intermediary model // Int. J. Technology Transfer and Commercialization, Vol. 8. – 2009. – Nos 2/3.

20. National Science Foundation Report (PBR08) // Defense Research & Engineering Overview. Office of the Director Defense Research and Engineering. URL: http://www.class.uh.edu/rotc/corpsocadets/_docs/Conference/Briefings/Defense%20Research%20&%20Engineering%20Overview.pdf.

А.Х.Курбанов, кандидат экономических наук, доцент

В.А.Плотников, доктор экономических наук, профессор

Выявление системных взаимосвязей уровня экономического развития региона и форм материально-технического обеспечения войск (сил)

Создание системы материально-технического обеспечения войск (сил) и перевод на аутсорсинг вспомогательных и обеспечивающих процессов, выполнение которых длительное время было возложено на Тыл Вооруженных Сил, оказало влияние на порядок функционирования ведомственных обеспечивающих структур. В статье представлены методические подходы к оценке уровня экономического развития региона, использование которых позволяет осуществить экономически обоснованный выбор районов (регионов, территорий, населенных пунктов) с позиций наличия наиболее благоприятных условий для всестороннего, полного и качественного материально-технического обеспечения войск (сил), основанного на принципах аутсорсинга.

Одной из задач военной реформы является переход к материально-техническому обеспечению повседневной жизнедеятельности воинских формирований, дислоцированных в регионах с развитой инфраструктурой, через гражданские предприятия (организации) [1]. Вместе с тем, войсковая практика и анализ теоретических подходов к разрешению данного вопроса показывают, что в этой работе возникает немало проблем и противоречий.

Общепризнанно, что переход на территориальный принцип материально-технического обеспечения войск (сил) и привлечение субъектов хозяйственного комплекса региона к этой деятельности допускается в том случае, если в регионе имеются предприятия, располагающие требуемыми производственными возможностями. Однако данное условие, по мнению авторов, не во всех случаях является определяющим, поскольку реальные объемы передаваемых на аутсорсинг функций должны обеспечить исполнителю определенный уровень дохода, воспринимаемый им как приемлемый, при условии проведения согласованной с заказчиком (органами Министерства обороны) ценовой политики [2].

Дело в том, что экономическая ситуация в регионах при решении задач по матери-

ально-техническому обеспечению войск (сил) и по поставкам вооружения и военной техники (ВВТ) кардинально различается. Если в первом случае (поставки продовольствия, заправка военной техники горючим, банно-прачечное обслуживание военнослужащих и т.д.) сложился достаточно конкурентный рынок, то во втором можно говорить о ситуации, близкой к двусторонней олигополии или даже двусторонней монополии, когда и производители ВВТ, и потребители (покупатели) оказываются в ситуации сильной экономической зависимости, что позволяет одной из сторон в процессе неконкурентных предконтрактных процедур диктовать свои условия. Это является основной причиной фактического срыва исполнения Гособоронзаказа на 2011 год. Как известно, Председателем Правительства РФ была поставлена задача Министру обороны представить отчет о состоянии ГОЗ-2011 до 31.08.2011. В этой связи Министром было заявлено о подписании полного пакета контрактов с промышленностью, за исключением Объединенной авиастроительной корпорации (ОАК), Объединенной судостроительной корпорации (ОСК), Московского института теплотехники (МИТ) и холдинга «Вертолеты России». Но именно эти предприятия яв-

ляются ключевыми производителями военной продукции. Без участия ОАК и «Вертолетов России» фактически невозможно обновление парка техники ВВС, без ОСК – ВМФ, а без МИТ – РВСН [3].

В случае закупки военными потребителями товаров и услуг на высококонкурентном рынке, рыночная власть поставщика существенно возрастает, а покупателя – ослабевает. И если, например, в регионе расположены малочисленные воинские подразделения на значительном удалении от населенных пунктов с развитой системой материально-технического обеспечения, привлечь гражданских подрядчиков для обслуживания военных потребителей представляется весьма затруднительным, а то и попросту невозможным. Это связано с недостаточной экономической привлекательностью такого сотрудничества для поставщиков: себестоимость оказываемых услуг для них оказывается чересчур высока, что приводит к снижению нормы прибыли по военным контрактам [4].

Результаты, полученные в ходе исследований, и анализ эмпирических материалов свидетельствуют о том, что территориальные органы управления материально-техническим обеспечением войск (сил) в отдельных регионах не располагают эффективным механизмом взаимодействия с региональными товаропроизводителями, предприятиями сферы услуг. Между тем, в своевременном и качественном решении этих задач скрыты значительные резервы экономии бюджетных средств, выделяемых государством на оборону и национальную безопасность, а также потенциал для экономического развития субъектов Российской Федерации. Централизованные поставки материальных ресурсов должны осуществляться с учетом возможностей местной экономической базы, что приведет к снижению логистических издержек. В этой связи актуальной является задача проведения оценки уровня экономического развития региона как в мирное, так и в военное время, в ходе проведения контртеррористических и миротворческих операций.



Рисунок 1 – Возможные формы материально-технического обеспечения войск (сил)¹

Определение системных взаимосвязей уровня экономического развития региона и форм организации материально-технического

обеспечения войск (сил) подразумевает выявление потенциальных возможностей использования экономической инфраструктуры тер-

1 Составлено авторами.

ритории для передачи гражданским подрядчикам некоторых обеспечивающих функций. При этом качество и своевременность оказываемых услуг должны обеспечить требуемый уровень потребительской удовлетворенности. Формы организации материально-технического обеспечения могут быть различными: с использованием собственных сил и средств (инсорсинг); с использованием сил и средств сторонних организаций; смешанная форма. При этом последняя может предусматривать различное соотношение между аутсорсингом и инсорсингом. Все зависит от уровня экономического развития региона (рисунок 1).

Сложность оценки уровня экономического развития региона, наличие большого количества различных систем оценивания (см., например, [6, 7, 8, 9]) порождают необходимость определенного упорядочивания проведения исследований. В соответствии с этим авторами предложен подход к проведению оценки уровня экономического развития региона, включающий в себя ряд этапов. Их перечень был подготовлен в результате уточнения и дополнения отдельных мероприятий, содержащихся в описанных в литературе методических подходах (рисунок 2).



Рисунок 2 – Этапность оценки уровня экономического развития региона¹

1 Составлено авторами с использованием результатов исследований Видяева И.Г. [7]

Каждая из рассматриваемых процедур имеет свою специфику и может быть раскрыта отдельно. При этом они не являются изолированными. Далее, придерживаясь указанной последовательности, рассмотрим порядок проведения оценки уровня экономического развития региона, уделяя внимание наиболее проблемным, с точки зрения практического выполнения, мероприятиям.

Под уровнем экономического развития региона нами понимается состояние и перспективы развития промышленной базы, сельского хозяйства, объектов производственной и социальной инфраструктуры, предприятий сферы услуг, использование мощностей которых возможно в интересах материально-технического обеспечения группировки войск (сил). В данной постановке вопроса анализ уровня экономического развития региона проводится с целями:

1) установить, есть ли в регионе ресурсы (предприятия, организации, объекты инфраструктуры, квалифицированный персонал и др.), пригодные для использования в интересах организации материально-технического обеспечения войск (сил) в мирное, военное время и в особых условиях обстановки (например, при проведении мобилизационных мероприятий, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и пр.);

2) определить, какие ресурсы и производственные мощности наиболее перспективны для использования, выявить механизмы и степень этого использования;

3) дать количественную оценку имеющихся экономических и, в частности, промышленных ресурсов в регионе;

4) установить реальную потребность в собственных силах и средствах в местах размещения военных баз и пунктов базирования войск (сил) с учетом имеющихся ресурсов;

5) определить механизм организации и развития взаимодействия с экономической базой региона на основе принципов аутсорсинга.

При анализе ресурсного потенциала региона для оценки возможных форм организации материально-технического обеспечения войск (сил), по нашему мнению, следует учитывать ряд обстоятельств: широту спектра ресурсов региона, которые могут быть использованы в интересах материально-технического обеспечения группировки войск (сил); полноту учета всего имеющегося потенциала гражданских организаций, независимо от их собственников и рыночной ориентации; достоверность качественных и количественных данных, характеризующих ресурсный потенциал, которые должны соответствовать реальному положению дел и быть документально подтверждены или обоснованы расчетами.

Потребность войск (сил), дислоцированных в отдельно взятом n -м регионе в услугах j -го вида можно представить как:

$$V_j^{Bn} = V_j^{CC} + V_j^{MЭБ}, \quad (1)$$

где: V_j^{Bn} – потребность войск (сил), дислоцированных в отдельно взятом n -м регионе в услугах j -го вида;

V_j^{CC} – потребность в услугах j -го вида, удовлетворяемая за счет использования ведомственных подразделений (инсорсинг);

$V_j^{MЭБ}$ – потребность в услугах j -го вида, удовлетворяемая за счет привлечения гражданских подрядчиков, предприятий (организаций) местной экономической базы (аутсорсинг).

Потенциальные возможности экономической базы региона по удовлетворению потребностей войск (сил) в услугах j -го вида определяются по зависимости:

$$M_j^{MЭБn} = D_j^n + V_j^{rn}, \quad (2)$$

где: $M_j^{MЭБn}$ – возможности местной экономической базы n -го региона по удовлетворению потребностей войск (сил) в услугах j -го вида;

D_j^n – возможное дополнительное производство услуг j -го вида в изучаемом n -м регионе;

V_j^n – объем потребности гражданского сектора экономики в услугах j -го вида в изучаемом n -м регионе, удовлетворяемой текущим производством.

Значение V_j^n определяется на основе статистических данных, полученных из официальных источников. Общее производство услуг j -го вида в отдельно взятом регионе (предложение) с некоторым незначительным отклонением, как правило, будет соответствовать потребности гражданского сектора экономики, т.е. спросу на данные услуги. В свою очередь, согласно закону Вальраса, полная ценность пользующихся спросом услуг (произведение цены на объем спроса) равна общей ценности предлагаемых услуг (произведение цены на объем предложения). В этой связи необходимо при определении значения обеспечить взаимодействие между предприятиями (организациями) экономического комплекса страны и заинтересованными органами военного управления на предмет наличия производственного потенциала, позволяющего осуществить расширение объема производимых услуг:

$$D_j^n = \sum_{m=1}^n V_{jm}^n, \quad (3)$$

где: V_{jm}^n – объем производства j -го вида услуг на m -м предприятии;

n – количество предприятий, производящих j -е услуги.

Показатель D_j^n является динамичным и это вызывает определенные трудности при его определении. Объем производства j -го вида услуг в определенный период рассчитывается по формуле:

$$V_{jm}^n = \frac{N_{jm} \times K}{L} \times t, \quad (4)$$

где: V_{jm}^n – среднегодовая производственная мощность m -го предприятия по оказанию j -го вида услуг (нат. ед.);

K – коэффициент использования производственных мощностей;

L – количество рабочих дней в году, сут. (дн.);

t – продолжительность планируемого периода, сут. (дн.).

Определенные трудности возникают при расчете коэффициента использования производственных мощностей в силу необходимости учета некоторых имплицитных (недоступных для внешнего наблюдения) факторов, влияющих на его формирование. Речь идет о вынужденном уменьшении количества рабочих дней; уменьшении производства в результате срывов при обеспечении сырьем, топливом, электроэнергией и др.

Возможности местной экономической базы по удовлетворению потребностей войск (сил) в услугах зависят от уровня экономического развития региона. С целью выбора формы материально-технического обеспечения войск (сил) необходимо провести его оценку. Анализируя уровень экономического развития региона, следует рассматривать не только разновидности и объемы ресурсов, пригодных для использования в интересах материально-технического обеспечения войск (сил), но и их доступность. Доступность ресурсов является комплексным показателем и может характеризоваться, в общем случае, следующими параметрами (частные свойства доступности ресурсов) [2]:

1) физическая доступность, вызванная территориальной отдаленностью организаций, привлекаемых военными потребителями в рамках аутсорсинга;

2) ценовая доступность, то есть соответствие стоимостной рыночной оценки того или иного конкретного ресурса (продукции, работы, услуги) возможностям платежеспособного спроса органов военного управления, ответственных за МТО войск (сил). Здесь речь идет о финансовой целесообразности использования ресурсов. Заметим, что параметры ценовой доступности могут существенно отличаться для разных условий обстановки и форм применения группировок войск (сил);

3) организационная доступность. Она связана с институциональной средой, сформировавшейся в регионе (система законов, норм, правил, процедур, традиций и т.п., связанных с возможностью получения доступа к данному виду ресурсов). В определенной степени организационная доступность зависит и от качества жизни населения региона [10].

На уровень экономического развития региона влияют также показатели, определяющие его экономическую безопасность. Она характеризуется способностью региональной экономики функционировать в режиме расширенного воспроизводства, т.е. устойчивостью экономического роста, максимально обеспечивать приемлемые условия жизни и развития личности для большинства населения. Кроме того, экономическая безопасность на региональном уровне характеризуется способностью экономики, с одной стороны, противостоять дестабилизирующему воздействию внутренних и внешних социально-экономических факторов, а с другой – не создавать угроз для других элементов региона и внешней среды (других субъектов РФ, для Федерации в целом, для СНГ, европейского и мирового сообщества) [11].

В результате исследований авторами был определен перечень основных показателей анализа уровня экономического развития региона. Ресурсы местной экономической базы, которые следует учитывать при определении форм материально-технического обеспечения войск (сил), предлагается оценивать при помощи группы из четырех показателей, носящих комплексный характер. Их комплексность определяется тем обстоятельством, что каждый из рассматриваемых показателей рассчитывается на основе агрегирования частных показателей ресурсов по известным методикам, используемым при оперативном военно-экономическом оценивании потребностей в ресурсах и возможностей по их удовлетворению (например, при расчетах потребности войск (сил) в продовольствии расчет делается не по каждому на-

именованию из номенклатурного перечня – овощам, мясу, рыбе, крупам и т.д., а обобщенно – по продовольствию в целом). К основным комплексным показателям относятся:

- 1) продовольственные ресурсы региона $R_{П}$;
- 2) резервы технологического оборудования региона, включающие в себя производственные мощности предприятий $R_{ТО}$;
- 3) резервы складских помещений региона $R_{СП}$;
- 4) трудовые ресурсы $R_{ТР}$.

Естественно, что в данном случае речь должна идти не о показателях, исчисленных в натуральном выражении (продовольственные ресурсы – в сутодачах или тоннах, резервы складских помещений – в количестве хранилищ, их площадных и (или) объемных характеристиках и т.д.), а о нормированных значениях показателей. Нормировка в данном случае заключается в приведении их к безразмерному (относительному) виду и масштабированию в стандартном диапазоне, например, от 0 до 1 или от 0 до 100. Для проведения такого рода нормирования можно воспользоваться стандартными процедурами¹.

Рассмотренные показатели с различных сторон и сравнительно независимо друг от друга описывают ресурсный потенциал региона с точки зрения его использования в материально-техническом обеспечении войск (сил). Принимать однозначное решение по выбору предпочтительной, с позиции ресурсной обеспеченности, формы материально-технического обеспечения военных потребителей на основе вектора из четырех показателей затруднительно. Необходимо «свернуть» данные показатели в скаляр.

Для решения данной проблемы достаточно эффективным является метод анализа иерархий, предложенный К. Кернсом и Т. Саа-

1 См., например: Елисеева И.И. Практикум по эконометрике. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 192 с.; Чураков Е.П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 240 с.

ти [12]. Он специально предназначен для решения многокритериальных задач выбора. Преимуществом этого метода, делающим его адекватным решаемой задаче оценивания местной экономической базы, можно назвать возможность сопоставления качественно разных показателей. Проведенные с участием

$$R_{уэпп} = 0,53 \times R_{п} + 0,16 \times R_{то} + 0,19 \times R_{сп} + 0,12 \times R_{тр}. \quad (5)$$

Обобщенный характер предлагаемой модели определяется тем обстоятельством, что входящие в ее состав показатели записаны в общем виде, без конкретизации их описания. Между тем, каждый из включенных в модель показателей может оцениваться по степени ценовой доступности ресурсов и по их объемным параметрам. Соответственно с этим преобразуется и конкретная окончательная запись вышеприведенной формулы.

Ресурсные потребности (равно как и потребности в услугах) войск (сил), расположенных в регионе, в каждый конкретный момент времени фиксированы и могут быть оценены на основании исходных данных относительно состава и структуры группировки войск (сил), планов ее применения и установленных нормативов материально-технического обеспечения. Что касается ресурсных возможностей региона, то для создания благоприятных условий их использования в интересах материально-технического обеспечения желательное выполнение условий экстремализации их значений, т. е. максимизации объемных показателей ($QP_{уэпп}$) и минимизации стоимостных ($CP_{уэпп}$). Эта задача решается в рамках разработки и реализации региональной экономической политики, в этой связи в рамках данной статьи ее решение не рассматривается.

Применение двух критериев – объемного и стоимостного – позволяет всесторонне оценить местную экономическую базу с точки зрения учета возможностей использования аутсорсинга при материально-техническом обеспечении войск (сил). Однако здесь опять возникает вопрос, связанный с многомерностью, а, следовательно, неоднозначностью

авторов статьи исследования позволили прийти к выводу, что для определения результирующего оценочного показателя уровня экономического развития региона ($R_{уэпп}$) можно использовать следующую обобщенную квалиметрическую модель [2]:

оценок. Попытка построить обобщенное аналитическое выражение для свертки объемных и ценовых параметров в единый показатель, на наш взгляд, будет не вполне корректной, так как речь идет о разнородных по своей экономической сущности свойствах ресурсов. Указанную проблему предлагается решать двумя типовыми способами, известными из теории принятия решений [5]:

1) переход от количественного к ранговому выражению критериев для окончательного выбора их приоритетности;

2) ситуационный выбор главного и второстепенного критериев.

Существо первого подхода состоит в последовательной реализации следующей процедуры:

1) для всех N сравниваемых альтернативных форм (аутсорсинг, инсорсинг или смешанная форма) материально-технического обеспечения войск (сил) (аутсорсинг, инсорсинг, либо смешанная форма) производится расчет оценочных показателей $QP_{уэпп}$ и $CP_{уэпп}$, то есть каждой i -й альтернативе A_i ставится в соответствие пара чисел:

$$A_i \rightarrow (QP_{уэппi}, QC_{уэппi}), \quad i = \overline{1, N}; \quad (6)$$

2) проводится ранжирование всей совокупности альтернатив $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_N$ по степени убывания показателя $QP_{уэппi}$. То есть каждой альтернативе A_i должно соответствовать натуральное число rqi , равное ее номеру в упорядоченном по убыванию списке значений $QP_{уэппi}$ (если у нескольких альтернатив оказываются одинаковые значения этого параметра, то им присваивается одинаковый ранг);

3) аналогично предыдущему шагу проводится ранжирование всей совокупности альтернатив $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_N$ по степени возрастания показателя $CP_{УЭРРi}$. То есть каждой альтернативе A_i ставится в соответствие натуральное число rci , равное ее номеру в упорядоченном по возрастанию списке значений $CP_{УЭРРi}$ (если у нескольких альтернатив оказываются одинаковые значения этого параметра, то им присваивается одинаковый ранг);

4) после отработки всех предшествующих шагов для всех N сравниваемых альтернативных вариантов можно определить их парные ранги по двум предложенным к использова-

$$A_j = A_{opt}, \text{ при } j \in \{1, 2, \dots, i, \dots, N\}, \text{ если } r_j = \min_{i \in \{1, 2, \dots, N\}} (r_i). \quad (9)$$

Существо второго подхода состоит в выборе из двух критериев: основного (главного) и второстепенного (вспомогательного). Этот выбор производится должностными лицами органов управления МТО ВС РФ, принимающими решение относительно возможных форм материально-технического обеспечения войск (сил) с учетом всей совокупности конкретных факторов, в том числе слабоформализованных.

Пусть установлено, что главным критерием является стоимостной, а вспомогательным – объемный. Тогда все альтернативы ранжируются по правилам, описанным выше в шаге 3 алгоритма первого методического подхода. Оптимальной признается альтернатива, обладающая минимальным (единичным) рангом. Если же окажется, что нескольким альтернативам присвоен ранг «1», то осуществляется ранжировка этих наилучших альтернатив по второму критерию, как описано выше в шаге 2 алгоритма первого методического подхода. Окончательный выбор осуществляется в пользу варианта материально-технического обеспечения войск (сил), обладающего минимальным численным значением (единичным) ранга, как по первому, так и по второму критерию.

нию критериям, то есть каждой i -й альтернативе A_i ставится в соответствие пара чисел

$$A_i \rightarrow (rqi + rci), i = \overline{1, N}, \quad (7)$$

5) определяется обобщенный ранговый показатель для каждой альтернативы путем суммирования частных рангов

$$A_i \rightarrow ri = rqi + rci, i = \overline{1, N}, \quad (8)$$

после чего производится окончательное ранжирование альтернатив по степени возрастания их обобщенного ранга. Лучшей (оптимальной) признается альтернатива, обладающая минимальным значением обобщенного ранга, то есть критерий оптимального выбора в математическом виде может быть записан следующим образом:

Следует также отметить, что в процессе совершенствования предложенного подхода возможно формирование обоснованной базы для сравнения с целью вынесения того, либо иного значения оценки. Таковыми, исходя из общепринятой мировой и российской практики методологических подходов к оцениванию, могут являться: а) нормативные значения индикаторов, разработанных и установленных в регионе; б) эталонные значения, отражающие индикаторы развития регионов с лучшими значениями; в) средне-государственные индикаторы, отражающие динамику развития в среднем по стране; г) среднерегиональные индикаторы, характеризующие ситуацию в конкретном регионе.

Высокие значения части индикаторов можно объяснить особенностями региона, сложившимися в силу исторического развития, территориального расположения и сосредоточения ресурсов различных видов, что, естественно, будет проблемой при достижении таких же значений индикаторов для регионов, не обладающих данными особенностями.

Можно предложить в качестве базы для сравнения состояние структуры региональной хозяйственной системы в предыдущий период времени, т.е. значения пропорций структу-

ры индикаторов в регионе в предыдущий период времени. Относительно базы происходит изучение приростов структурных индикаторов по годам и сравнение их между собой с целью оценки изменений (преобразований), происходящих в элементах региональной системы. Данный подход предопределяет методы анализа, используемые при изучении развития региона, к числу которых следует отнести метод экспертных оценок, корреляционный и регрессионный анализы.

Результаты, полученные в ходе оценки, анализируются в соответствии с описанным выше алгоритмом и предложенными методами анализа. Затем формулируются выводы, оценки и рекомендации.

Таким образом, оценка уровня экономического развития региона (местной экономической базы) позволяет осуществить экономически обоснованный оптимальный выбор и ранжирование районов (регионов, территорий, населенных пунктов) с позиций наличия наиболее благоприятных условий для всестороннего, полного и качественного материально-технического обеспечения войск (сил), основанного на принципах аутсорсинга.

Предложенный методический подход может быть использован:

- органами управления системой материально-технического обеспечения – для внедрения механизма аутсорсинга в хозяйственный процесс обеспечения повседневной жизнедеятельности войск (сил), оп-

тимизации процесса предоставления услуг военным потребителям;

- администрацией региона – при разработке перспективных программ кластерного развития экономики, организации мониторинга по выявлению территориальных кластеров, их структуры и локализации; формированию коммуникационных площадок и институциональной среды;
- руководителями предприятий (организаций) – для организации эффективного взаимодействия с органами управления МТО ВС РФ при закупках (поставках) материальных средств и аутсорсинговых услуг.

Расчеты, проведенные на основе разработанного методического подхода с использованием статистических данных 2009-2010 гг., показали, что наибольшие трудности в организации практических мероприятий по передаче на аутсорсинг функций материально-технического обеспечения войск (сил) могут возникнуть в следующих регионах: «депрессивных» с очагами межэтнических конфликтов и спадом производства по продукции машиностроения, легкой и пищевой промышленности; с особым геополитическим положением; с кризисным состоянием промышленности, а также размещением крупных предприятий оборонно-промышленного комплекса; сельские территории, малые и средние города Нечерноземной зоны России; районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, включая районы проживания малочисленных народностей.

Список использованных источников

1. Плотников В.А. Интеграция военного и гражданского секторов экономики как тенденция строительства военной организации страны (по материалам Тыла Вооруженных Сил Российской Федерации) // Вооружение и экономика. – 2010. – № 2 (10). – С. 85-88.
2. Гомозов Э.В., Плотников В.А., Чотчаев О.Б. Войсковое хозяйство: практика развития в новом облике ВС РФ: Монография. – Вольск: ВВВУТ (ВИ), 2010.
3. Сафронов И. Оборонзаказ обсуждают и не выполняют // Газета «Коммерсантъ». – 2011. – 1 сентября. – № 162.
4. Курбанов А.Х. Механизм реализации аутсорсинга в системе материально-технического обеспечения ВС РФ: проблемы и пути решения // Вооружение и экономика. – 2011. – № 2 (14). – С. 71-81.

5. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Бизнес, 2006.
6. Вертакова Ю.В. Стратегическое планирование устойчивого развития региона // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2005. – № 1. – С. 48-53.
7. Видяев И.Г. Оценка развития социально-экономической системы региона / Автореф. дисс. ... канд. экон. наук. – Иркутск: НИТПУ, 2011.
8. Плотников В.А. Управление социально-экономическим развитием регионов в посткризисных условиях // Известия Курского государственного технического университета. – 2010. – № 3. – С. 93-100.
9. Файбусович Э.Л., Калоева А.Т., Сазонова И.Е. Различия в реакции российских регионов на мировой экономический кризис // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2010. – № 2. – С. 25-33.
10. Закиров Р.Т. Оценка социально-экономического развития региона на основе анализа качества жизни населения. Дисс. ... канд. экон. наук. – СПб: СПбГИЭУ, 2009.
11. Дюженкова Н.В. Управление экономической безопасностью региона в современной России. Дисс. ... канд. экон. наук. – Тамбов: ТГТУ, 2002.
12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.

М.М.Венедиктова

Влияние региональных мер поддержки семей с детьми на социальное положение военнослужащих

Рассматриваются проблемы неоднородности социального обеспечения семей военнослужащих с детьми, проходящих военную службу в различных субъектах Российской Федерации, обусловленные особенностями регионального законодательства.

Забота о детях, супруге и других членах семьи для большинства людей составляет существенную часть их жизненных интересов. Только будучи спокойным за их бытовую устроенность, в том числе жилищные условия, питание, здравоохранение, образование, социальную защищенность на случай его смерти (гибели) либо наступления инвалидности, военнослужащий может полноценно осуществлять свою профессиональную деятельность, не только требующую чрезвычайно высоких физических и нравственных усилий, но и связанную с риском для жизни.

Не случайно в вооруженных силах США за счет средств министерства обороны обеспечивается содержание школ и детских садов для детей военнослужащих при размещении их на военных базах (на реализацию этой формы социального обеспечения тратится более 13 тыс. долл. США в год на одного военнослужащего). При выплате жилищного пособия, достаточного для полного покрытия расходов на жилье, учитываются не только ранг (по сути – воинское звание) военнослужащего, местные цены на жилье, но и наличие либо отсутствие у него иждивенцев. При этом выплаты положены даже на детей военнослужащего от расторгнутого брака, проживающих вместе с бывшей женой. Жилищное пособие не облагается федеральным подоходным налогом. Средний размер пособия – приблизительно 8 тыс. долл. США [4].

Проводимые в последнее время реформы системы социального обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации обозначили тенденцию к снижению значимости фактора семейного положения (объема семейных обязан-

ностей) военнослужащего при определении содержания и величины получаемых им гарантий и компенсаций. Так, при обеспечении жильем по накопительно-ипотечной системе отсутствует зависимость размеров накоплений от состава семьи военнослужащего (ранее размер предоставляемой жилой площади напрямую зависел от количества членов семьи). С 1 января 2012 г. отменено право членов семей военнослужащих на проезд на безвозмездной основе к местам использования основного отпуска¹, 50-процентная оплата членами семьи санаторно-курортного лечения и организованного отдыха в санаториях, домах отдыха, пансионатах, детских оздоровительных лагерях, на туристских базах. Прекращена оплата стоимости путевок на каждого ребенка в возрасте от шести с половиной до 15 лет, отменена выплата на содержание детей военнослужащих в детских дошкольных учреждениях, а также денежная компенсация в размере 300 рублей на супруга и каждого несовершеннолетнего ребенка военнослужащего.

Подобные реформы оцениваются исследователями по-разному. Так, В.К. Белов считает неучет состава семьи очевидным недостатком накопительно-ипотечной системы жилищного обеспечения военнослужащих, указывая, что институт социальной защиты военнослужащих не существует вне проблем социальной защиты членов их семей [1]. А.А. Венедиктов, наоборот,

1 Право на проезд на безвозмездной основе один раз в год к месту использования основного отпуска и обратно сохранено за одним из членов семьи военнослужащего, проходящего службу в местностях с неблагоприятными климатическими или экологическими условиями, а также на территории Уральско-го, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

отмечает, что подобные законоположения выглядят вполне обоснованными и являются первым шагом на пути устранения имевшегося длительное время неравенства, когда социальное обеспечение, предоставляемое военнослужащему, в большей степени зависело от состава его семьи, чем от качества исполнения им своих служебных обязанностей и имеющейся квалификации. Неженатый командир батальона, подполковник, мог получить от государства однокомнатную квартиру в Забайкалье, а имеющий трех детей прапорщик – четырехкомнатную квартиру в Москве. При этом, стоимость такой квартиры могла превышать суммарный размер его денежного довольствия за весь период военной службы. Кроме того, в условиях ранее действовавшей нормативной базы граждане, которые не нуждаются в улучшении жилищных условий, оказывались в неравном положении с бесквартирными, поскольку последние имели право на бесплатное получение жилья, рыночная стоимость которого была сопоставима с их денежным довольствием за многие годы [2]. Вместе с тем, тот же автор показывает, что повышение размера денежного довольствия с 1 января 2012 г. не смогло компенсировать стоимость отмененных натуральных и иных льгот, в результате общий объем социального обеспечения многих военнослужащих (особенно, имеющих семейные обязанности) уменьшился [3].

Среди сохранившихся на сегодняшний день социальных гарантий, учитывающих состав семьи военнослужащего, можно отметить денежную компенсацию за наем (поднаем) жилых помещений. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2004 г. № 909, если совместно с военнослужащим или гражданином, уволенным с военной службы, проживают три и более членов семьи, то размер выплачиваемой денежной компенсации повышается на 50 процентов. Для городов Москвы и Санкт-Петербурга данное повышение составляет 7500 руб., для других городов и районных центров – 1800 руб., для прочих населенных

пунктов – 1350 руб. в месяц. Состав семьи учитывается также при обеспечении служебными жилыми помещениями.

Хотелось бы отметить, что в законодательстве о социальном обеспечении военнослужащих практически отсутствуют какие-либо меры поддержки многодетных семей. Пожалуй, единственной такой социальной гарантией является предоставление военнослужащим, имеющим трех и более детей в возрасте до 16 лет, основного отпуска в удобное для них время (подпункт «ж» п. 12 ст. 29 Положения о порядке прохождения военной службы).

С учетом изложенного для военнослужащих с семейными обязанностями начинают все большее значение приобретать меры социальной поддержки семьи, материнства и детства, получаемые ими не от Минобороны России, а наравне с остальными гражданами, т.е., как правило, на уровне субъекта Российской Федерации или муниципального образования, на территории которых они проживают и проходят военную службу. Здесь будет рассмотрен один аспект такого обеспечения: гарантии, получаемые многодетными семьями в различных регионах России.

Прежде всего, отметим, что ранее основные льготы этой категории семей были установлены на федеральном уровне (при этом к многодетным традиционно относились семьи, имеющие трех и более несовершеннолетних детей). Так, Указ Президента РФ от 5 мая 1992 г. № 431 «О мерах по социальной поддержке многодетных семей» предписывал органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации установить для таких семей:

скидку в размере не ниже 30 процентов установленной платы за пользование отоплением, водой, канализацией, газом и электроэнергией, а для семей, проживающих в домах, не имеющих центрального отопления, – от стоимости топлива, приобретаемого в пределах установленных норм;

бесплатную выдачу лекарств, приобретаемых по рецептам врачей, для детей в возрасте до 6 лет;

бесплатный проезд на внутригородском транспорте, а также в автобусах пригородных и внутрирайонных линий для учащихся общеобразовательных школ;

прием детей в дошкольные учреждения в первую очередь;

бесплатное питание (завтраки и обеды) для учащихся общеобразовательных и профессиональных учебных заведений;

бесплатное обеспечение в соответствии с установленными нормативами школьной формой либо заменяющим ее комплектом детской одежды для посещения школьных занятий, а также спортивной формой на весь период обучения детей в общеобразовательной школе;

один день в месяц для бесплатного посещения музеев, парков культуры и отдыха, а также выставок.

Кроме того, региональным органам власти предлагалось:

оказывать необходимую помощь многодетным родителям, желающим организовать крестьянские (фермерские) хозяйства, малые предприятия и другие коммерческие структуры, обеспечивать выделение для этих целей земельных участков, а также предоставлять льготы по взиманию земельного налога и арендной платы в виде полного или частичного освобождения от налога на определенный срок либо понижения ставок налога; предоставлять безвозмездную материальную помощь либо беспроцентные ссуды для возмещения расходов на развитие крестьянского (фермерского) хозяйства; предусматривать полное или частичное освобождение от уплаты регистрационного сбора с физических лиц, занимающихся предпринимательской деятельностью;

обеспечить первоочередное выделение для многодетных семей садово-огородных участков;

содействовать предоставлению многодетным семьям льготных кредитов, дотаций, беспроцентных ссуд на приобретение строительных материалов и строительство жилья;

при разработке региональных программ занятости учитывать необходимость трудоустройства многодетных родителей, возмож-

ность их работы на условиях применения гибких форм труда (неполный рабочий день, неполная рабочая неделя, работа на дому, временная работа и т.д.); обеспечивать организацию их обучения и переобучения с учетом потребностей экономики региона.

Однако в настоящее время вопросы социальной поддержки многодетных семей целиком переданы в компетенцию региональных органов власти. Для военнослужащих, являющихся родителями многодетных семей, которые за период своей службы могут неоднократно менять место своего жительства по не зависящим от их желания причинам, переезд в новый регион может, среди прочего, означать и изменение объема социального обеспечения, получаемого ими за счет бюджета субъекта Российской Федерации.

Так, в настоящее время в 82 из 83 субъектов Российской Федерации приняты нормативные правовые акты, определяющие как понятие «многодетная семья», так и объем мер их социальной поддержки. Анализ названных документов показывает, что при переезде из одного региона в другой существенным образом может измениться не только стоимостное выражение получаемых социальных гарантий, но даже утрачен (или приобретен) сам *статус* многодетной семьи.

В большинстве субъектов Российской Федерации законодатели сохранили традиционное определение многодетной семьи, т.е. относят к таковым семьи, имеющие на содержании и воспитании троих и более детей в возрасте до восемнадцати лет. Так, среди республик, входящих в состав Российской Федерации, подобный подход реализован в Республике Адыгее¹, Республике Алтай², Республике Башкортостан³, Республике Бурятия⁴,

1 Закон Республики Адыгея от 28 сентября 1994 г. № 117-1.

2 Закон Республики Алтай от 11 октября 2005 г. № 70-РЗ.

3 Закон Республики Башкортостан от 24 июля 2000 г. № 87-з.

4 Закон Республики Бурятия от 6 июля 2006 г. № 1810-III.

Республике Дагестан¹, Республике Ингушетия², Кабардино-Балкарской Республике³, Карачаево-Черкесской Республике⁴, Республике Коми⁵, Республике Саха (Якутия)⁶, Республике Северной Осетии-Алании⁷, Республике Татарстан⁸, Чувашской Республике⁹.

В некоторых республиках применяется несколько иное нормативное определение многодетной семьи, учитывающее место проживания родителей и детей. Так, в Республике Калмыкия вводится дополнительное условие о том, что *дети* должны постоянно проживать на территории данной Республики¹⁰. В Республике Хакасия, наоборот, требование о проживании на территории Республики предъявляется к *родителям*¹¹. В Удмуртской Республике вместо требования о постоянном проживании вводится условие об обязательной регистрации по месту жительства на территории Удмуртии¹². Следовательно, могут сложиться парадоксальные ситуации. Например, если родители зарегистрированы по месту жительства в Удмуртской Республике, фактически постоянно проживают в Республике Хакасия, а дети живут в Республике Калмыкия (например, у бабушки),

то в каждом из перечисленных субъектов Российской Федерации семья будет иметь право получать меры социальной поддержки.

Однако в ряде регионов имеются и более существенные особенности. Например, в Республике Мордовия, Удмуртской Республике, Республике Хакасия понятие многодетной семьи несколько расширяется. Наряду с детьми в возрасте до 18 лет в составе многодетной семьи учитываются дети, обучающиеся в образовательных учреждениях по очной форме обучения, до окончания ими обучения, но не старше 23 лет¹³.

В Республике Тыва вводится такое вызывающее недоумение дополнительное условие отнесения семьи к многодетным как рождение детей «от одной матери»¹⁴. Следовательно, если в семье военнослужащего проживает его ребенок от первого брака и имеются двое детей от второго брака, такая семья в Тыве не будет подпадать под определение многодетной, а в случае проживания с ним ребенка его жены, с которой военнослужащий имеет двоих общих детей, то будет.

До недавнего времени в Республике Марий Эл к многодетным относились семьи, имеющие в своем составе *четырёх* и более несовершеннолетних детей, находящихся на иждивении родителей (усыновителей)¹⁵. Только с 1 июля 2012 г. в законодательство внесены изменения, в соответствии с которыми был реализован традиционный подход: многодетной стала считаться семья с тремя и более детьми.

В Республике Карелия к многодетным относятся семьи со среднедушевым совокупным доходом *ниже величины прожиточного минимума*¹⁶, установленного в Республике Карелия на душу населения по соответствующей территории, имеющие в своем составе родителей (родителя), трех и более несовершенно-

1 Постановление Правительства Республики Дагестан от 7.09.2005 г. № 146.

2 Закон Республики Ингушетия от 29 ноября 1999 г. № 27-РЗ.

3 Закон Кабардино-Балкарской Республики от 17 августа 1996 г. № 21-РЗ.

4 Закон Карачаево-Черкесской Республики от 11 апреля 2005 г. № 43-рз.

5 Закон Республики Коми от 12 ноября 2004 г. № 55-РЗ.

6 Закон Республики Саха (Якутия) от 17 декабря 2008 г. 643-3 № 147-IV.

7 Закон Республики Северная Осетия-Алания от 2 декабря 1997 г. № 15-з.

8 Семейный кодекс Республики Татарстан от 13 января 2009 г. № 4-ЗРТ.

9 Закон Чувашской Республики от 24 ноября 2004 г. № 48.

10 Закон Республики Калмыкия от 2 ноября 2005 г. № 223-III-3.

11 Закон Республики Хакасия от 2 октября 2008 г. № 43-ЗРХ.

12 Закон Удмуртской Республики от 5 мая 2006 г. № 13-РЗ.

13 Закон Республики Мордовия от 28 декабря 2004 г. № 102-3.

14 Закон Республики Тыва от 29 декабря 2004 г. № 1153 ВХ-1.

15 Закон Республики Марий Эл от 2 декабря 2004 г. № 50-3.

16 В настоящее время – 5564 руб.

летних детей, а также совершеннолетних детей в возрасте до 23 лет, обучающихся в образовательном учреждении по очной форме обучения¹. Таким образом, даже имеющие пятерых детей супруги не будут считаться многодетными, если зарабатывают более 14 000 руб. в месяц каждый. Проживающая в Карелии семья может многократно переходить из статуса обычной в статус многодетной и обратно в зависимости от изменяющегося дохода родителей.

В Чеченской Республике нормативное определение многодетной семьи вообще отсутствует. При этом имеется постановление Правительства Чеченской Республики от 24 февраля 2010 г. № 23 «О назначении и выплате ежемесячного пособия на ребенка, *одновременно родившегося в составе трех и более детей*, в Чеченской Республике» (так в оригинале – М.В.).

Не больше единства в нормативном регулировании статуса многодетной семьи и в остальных субъектах Российской Федерации. Например, в дополнение к уже описанному разнообразию законодательство Красноярского края требует совместного проживания детей с родителями². В Иркутской и Мурманской областях для приобретения статуса многодетной семьи помимо трех и более детей нужно иметь среднедушевой доход ниже *двукратной* величины прожиточного минимума, установленной в целом по области в расчете на душу населения³. В некоторых субъектах Российской Федерации (например, в Воронежской области) статус многодетной семьи, т.е. семьи, имеющей трех и более детей в возрасте до 18 лет, сам по себе не дает права на какие-либо меры социальной поддержки. Для их получения нужно иметь доходы ниже установленного в регионе прожиточного минимума⁴. Томская

область установила на своей территории меры социальной поддержки только малоимущим многодетным семьям, а также при рождении трех детей одновременно⁵.

В Калининградской области для получения мер социальной поддержки необходимо не только соблюдение условия о непревышении доходов семьи величины прожиточного минимума на душу населения, установленного в Калининградской области, но и «получение ежемесячного пособия многодетной семье в соответствии с Законом Калининградской области «О пособиях гражданам, имеющим детей»»⁶ (которое само является мерой социальной поддержки). Подобный недостаток технико-юридического характера имеется и в законодательстве Омской области, где к многодетным относятся «зарегистрированные в качестве многодетных семей органами социальной защиты населения по месту жительства семьи..., имеющие в своем составе трех и более детей»⁷. Иными словами, «многодетными являются семьи, зарегистрированные в качестве многодетных».

В Липецкой области в составе семьи наряду с несовершеннолетними детьми учитываются дети в возрасте до 24 лет (а не до 23 лет, как в большинстве иных регионов, учитывающих данную особенность), являющихся учащимися очной формы обучения в образовательных учреждениях, и *в возрасте до 21 года, проходящих военную службу по призыву*⁸. Еврейская автономная область также особо упомянула призывников из многодетных семей. Там установлено⁹, что меры социальной поддержки сохраняются за многодетными семьями на время прохождения детьми срочной службы по призыву, однако при условии, что на момент при-

1 Закон Республики Карелия от 16 декабря 2005 г. № 927-ЗРК.

2 Закон Красноярского края от 9 декабря 2010 г. № 11-5393.

3 Закон Иркутской области от 23 октября 2006 г. № 63-ОЗ.

4 Законы Воронежской области от 2 августа 2000 г. № 176-II-ОЗ и от 14 ноября 2008 г. № 103-ОЗ.

5 Закон Томской области от 16 декабря 2004 г. № 253-ОЗ.

6 Закон Калининградской области от 16 декабря 2004 г. № 473.

7 Закон Омской области от 4 июля 2008 г. № 1061-ОЗ.

8 Закон Липецкой области от 27 марта 2009 г. № 259-ОЗ.

9 Закон Еврейской автономной области от 19 сентября 2006 г. № 757-ОЗ.

зыка гражданин проживал совместно с родителями, не имея собственной семьи.

В Нижегородской области смягчается упоминавшееся ранее требование, касающееся регистрации по месту жительства: при отсутствии таковой допускается иметь регистрацию по месту пребывания на территории области¹. Подобная норма является, скорее, исключением из правил, хотя она весьма актуальна для семей военнослужащих, которые далеко не всегда имеют регистрацию по месту жительства в месте их службы, особенно, в крупных городах.

Необычно на общем фоне выглядит нормативное определение многодетной семьи, действующее в Ростовской области. Таковой считается семья, имеющая трех и более детей в возрасте до 16 лет (а не до 18 лет, как в подавляющем большинстве иных субъектов Российской Федерации). Исключение предусмотрено для детей в возрасте от 16 до 18 лет, продолжающих обучение, но при этом вводится дополнительное условие: они не должны состоять в браке². Поскольку брачный возраст в России установлен в 18 лет и снижен он может быть только в исключительных случаях, подобное требование выглядит несколько надуманно, особенно, с учетом того, что Семейный кодекс Российской Федерации не содержит однозначного ответа на вопрос: прекращается ли обязанность родителей по содержанию их несовершеннолетних детей после вступления последних в брак.

Органы власти Ярославской области наряду с условием о совместном *проживании*, воспитании и содержании трех и более детей родителями установили требование о ведении совместного хозяйства (в дополнение к совместно проживанию). Несмотря на кажущуюся необременительность данного требования, представляется, что данное положение закона является коррупциогенным, поскольку на практике на совместно проживающих родителей

может быть возложена обязанность доказать совместное ведение хозяйства, что весьма не просто, особенно в условиях, когда порядок подтверждения данного факта нормативно не определен³. При этом в данном субъекте Российской Федерации действует еще одна малоизвестная норма: в состав многодетной семьи могут включаться и *иные члены семьи* (кроме родителей и детей), на которых не распространяется социальная поддержка, установленная Социальным кодексом Ярославской области⁴.

В городе Москве пока действует наиболее «лояльное» нормативное определение многодетной семьи. К таковым относятся семьи, в которых родились или воспитываются трое и более детей (в том числе усыновленные, а также пасынки и падчерицы) до достижения *младшим* из них возраста 16 лет, а обучающимся в образовательном учреждении, реализующем общеобразовательные программы, – 18 лет⁵. Впрочем, после присоединения к городу так называемых «новых территорий» наметилась прямо противоположная тенденция. Так, руководитель городского департамента социальной защиты населения Владимир Петросян в «Российской газете» изложил следующую позицию⁶: «Среди многодетных москвичей немало состоятельных... Стало даже модно иметь много детей... Они вполне способны обойтись без городских пособий. На наш взгляд, пособия должны получать только те семьи, где среднедушевой доход не превышает городской прожиточный минимум». Тем самым Москва планирует свернуть меры по решению демографической проблемы, поощряя рождение более двух детей в относительно благополучных семьях. Вместо этого предлагается оказывать адресную помощь лишь многодетным семьям, находящимся за чертой бедности. Принятие соответствующего закона планируется уже в 2013 году.

3 То есть допускается лишь путем установления факта, имеющего юридическое значение, в судебном порядке.

4 Закон Ярославской области от 19 декабря 2008 г. № 65-з.

5 Закон г. Москвы от 23 ноября 2005 г. № 60.

6 Укажите адрес // Российская газета. – 2012. – 6 декабря.

1 Постановление Правительства Нижегородской области от 31 декабря 2004 г. № 303.

2 Постановление Правительства Ростовской области от 7 ноября 2011 г. № 95.

Принимая во внимание столь существенные региональные особенности в определении самого статуса многодетной семьи, мы не видим необходимости подробно рассматривать здесь *содержание* мер социальной поддержки данной категории граждан. Отметим только, что они также отличаются весьма заметно. Так в Москве семья с одним ребенком школьного возраста (12 лет) и двумя детьми, посещающими детское дошкольное учреждение, (4 и 2 лет) получает в год 55,7 тыс. руб. (или примерно 4600 руб. в месяц). Если среднедушевой доход семьи не превышает 40 тыс. руб. в месяц, то дополнительно выплачивается ежемесячное пособие на ребенка в размере 3200 руб. Кроме того, предоставляется 30-процентная скидка на оплату коммунальных услуг, детям до семи лет бесплатно отпускаются молочные продукты детского питания, дети в возрасте до 18 лет бесплатно обеспечиваются лекарственными средствами, организуется бесплатное двухразовое питание школьников, каждый ребенок и один из родителей пользуются правом бесплатного проезда на городском пассажирском транспорте, семьи освобождаются от оплаты содержания детей в государственных дошкольных образовательных учреждениях, бесплатно посещают музеи, парки культуры и отдыха, зоопарк и пр. А в Республике Дагестан, например, все льготы практически сводятся к ежемесячной денежной выплате по оплате жилого помещения и

коммунальных услуг, размер которой «определяется индивидуально каждому гражданину».

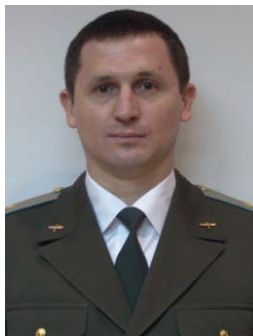
С учетом изложенного, а также принимая во внимание актуальность и чрезвычайную остроту демографической проблемы России, представляется, что по инициативе Министерства обороны РФ должна быть разработана федеральная целевая программа социальной поддержки семей военнослужащих с детьми, направленная на устранение негативного влияния особенностей военной службы на уровень социальной обеспеченности таких семей. В частности, необходимо реально (а не символической выплатой 100 руб. в месяц, как сейчас) компенсировать женщинам невозможность трудоустроиться в месте прохождения мужем военной службы, обеспечивать детям военнослужащих единый уровень социальной поддержки на территории Российской Федерации, не подлежащий снижению при смене места жительства, не допускать в многодетных семьях лиц, проходящих военную службу, снижения среднедушевого дохода ниже величины прожиточного минимума, установленного для региона их проживания. Это способствовало бы не только более качественному исполнению своих служебных обязанностей военнослужащими за счет меньшего отвлечения их на решение насущных бытовых проблем семьи, но и росту рождаемости в семьях, составляющих элиту «среднего класса» Отечества, что должно благотворно отразиться и на генофонде будущих поколений.

Список использованных источников

1. Белов В.К. Жилищное обеспечение военнослужащих. Государственные жилищные сертификаты и накопительно-ипотечная система: Юридический справочник. (Серия «Право в Вооруженных Силах – консультант»). – М.: «За права военнослужащих», 2006.
2. Венедиктов А.А. Современные экономические и правовые проблемы военно-социальной политики Российской Федерации. – Екатеринбург: ЕВАКУ, 2011.
3. Реформы по кругу или деньги на ветер / Под общ. ред. Воробьева В.В. – Смоленск: «Маджента», 2012.
4. Венедиктова М.М. Социальное обеспечение членов семей военнослужащих в России и в США: сравнительный анализ // Вооружение и экономика. – 2010. – № 4.

Статья подготовлена при информационной поддержке Компании «Гарант».

Аверкиев Николай Федорович
доктор технических наук, профессор
профессор Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского
atiman@mail.ru



Брезгин Владимир Сергеевич
кандидат технических наук
заместитель начальника управления 46 ЦНИИ Министерства обороны
РФ
vbereskin@mail.ru

Булекбаев Дастанбек Абдыкалыкович
кандидат технических наук, доцент
профессор Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского
atiman@mail.ru



Буравлев Александр Иванович
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
buravlev46@mail.ru



Венедиктов Андрей Альбертович
доктор экономических наук, профессор
a_venediktov@mail.ru



Венедиктова Мария Михайловна
mm_venediktova@mail.ru



Гладышевский Владимир Леонидович
кандидат технических наук
начальник управления 46 ЦНИИ Министерства обороны РФ
authors@viek.ru

Глушков Александр Николаевич
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
научный сотрудник Военного авиационного инженерного университе-
та
glan57.glushkov@yandex.ru



Козирацкий Юрий Леонтьевич
заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор техниче-
ских наук, профессор
профессор кафедры Военного авиационного инженерного университе-
та
urleo@bk.ru



Курбанов Артур Хусаинович
кандидат экономических наук, доцент
докторант Военной академии тыла и транспорта им. генерала армии
А.В.Хрулева
kurbanov-83@yandex.ru



Леонов Александр Васильевич
доктор экономических наук, старший научный сотрудник
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ Министерства обороны РФ
alex.clein51@yandex.ru



Луценко Анатолий Дмитриевич
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник НИИЦ РЭБ и оценки эффективности снижения заметности
vaiu@mail.ru



Николаев Алексей Евгеньевич
кандидат экономических наук, доцент
старший научный сотрудник филиала Военной академии МО РФ (г. Череповец, Вологодская обл.)
aleksnik.104@mail.ru



Плотников Владимир Александрович
доктор экономических наук, профессор
старший научный сотрудник Военной академии тыла и транспорта им. генерала армии А.В.Хрулева
plotnikov_2000@mail.ru



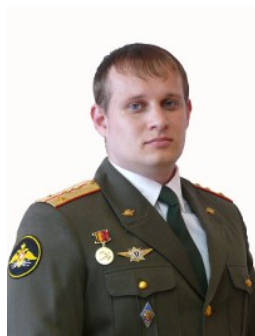
Смирнов Сергей Сергеевич
кандидат технических наук
заместитель начальника управления 46 ЦНИИ Министерства обороны РФ
sss_smirnov@mail.ru



Стеклов Владимир Иванович
кандидат медицинских наук
главный аритмолог МО РФ, ФГБУ Медицинский учебно-научный клинический центр имени П.В.Мандрыка
vsteklov@yandex.ru



Хованов Дмитрий Геннадьевич
старший научный сотрудник 46 ЦНИИ Министерства обороны РФ
D.Khovanov@gmail.com



Шмидт Аркадий Александрович
научный сотрудник 46 ЦНИИ Министерства обороны РФ
kesha8484@mail.ru

К вопросу обоснования рационального состава перечня приоритетных образцов вооружения, определяющих облик перспективной системы вооружения ВС РФ

В.Л.Гладышевский, А.А.Шмидт

Рассматривается задача обоснования рационального состава перечня приоритетных вооружений, военной и специальной техники, которые определяют облик перспективных систем вооружения видов (родов войск) ВС РФ. Для ее решения предлагается использовать метод «АВС-анализа».

мероприятия государственной программы вооружения; образцы вооружения, военной и специальной техники; контроль и управление запасами; программа вооружения; «АВС-анализ»

To a question of a substantiation of rational structure of the list of priority samples of the arms defining shape of perspective system of arms of Armed Forces of the Russian Federation

V.L.Gladyshvskiy, A.A.Shmidt

The problem of a substantiation of rational structure of the list of priority arms, the military and special technics is considered. For its decision it is offered to use the approach to the control and the storekeeping, widely applied in storekeeping logistics, the "ABC-analysis" method.

actions of a government program of arms; samples of arms; the military and special technics; the control and storekeeping; the arms program; "ABC-analysis"

Методика оценки ущерба при имитационном моделировании огневого поражения объектов

А.И.Буравлев, В.С.Брезгин

В статье рассмотрен методический подход к оценке ущерба при имитационном моделировании огневого поражения. Предложены алгоритмы имитационного моделирования, позволяющие корректно проводить оценку ущерба при различных способах ог-

невого поражения одиночных и групповых объектов, в том числе с учетом накопления ущерба.

имитационная модель; ущерб, наносимый объекту при огневом поражении; типы поражения объектов; условный закон поражения объекта; обобщенная зона поражения объекта; закон накопления ущерба

Technique of an estimation of a damage at imitating modelling of fire defeat of objects

V.S.Brezgin, A.I.Buravlyov

In article the methodical approach to a damage estimation is considered at imitating modelling of fire defeat. The algorithms of imitating modelling allowing correctly to spend an estimation of a damage at various ways of fire defeat of single and group objects, including taking into account damage accumulation are offered.

imitating model; a damage put to object at fire defeat; types of defeat of objects; the conditional law of defeat of object; the generalised zone of defeat of object; the law of accumulation of a damage

Прогнозирование результатов эксперимента в военной медицине в условиях многомерных исходных данных и малой выборки

А.А.Венедиктов, В.И.Стеклов

В статье рассматривается оригинальный способ прогнозирования исхода эксперимента при небольшом количестве наблюдений, многомерных исходных данных и широком диапазоне зафиксированных значений каждого из наблюдаемых параметров. Приводится пример применения метода для прогнозирования развития фибрилляции предсердий после операции радиочастотной абляции кавотрикуспидальной перешейка у больных с типичным трепетанием предсердий.

прогнозирование; фибрилляция предсердий; трепетание предсердий; радиочастотная абляция; математическая модель

Predicting the outcome of an experiment in military medicine with multi-dimensional input data and a small number of observations

A.A.Venediktov, V.I.Steklov

In the article there is regarded the original way of predicting the outcome of an experiment with a small number of observations, multi-dimensional input data and wide range of fixed meanings of each of the regarded parameters. There is also given an example of application of the method to predict the development of atrial fibrillation after radiofrequency ablation surgery cavotricuspid isthmus in patients with typical atrial flutter.

predicting; atrial fibrillation; atrial flutter; radiofrequency ablation; mathematical model

Методика планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа для реализации эффективной стратегии испытаний сложных информационно-управляющих систем

В.Г.Найденев, А.Н.Щукин

Приведенная в статье методика планирования и проведения натуральных экспериментов экстремального типа для реализации эффективной стратегии испытаний сложных информационно-управляющих систем (ИУС) позволяет провести научно - обоснованное планирование и реализацию натуральных экспериментов при испытаниях сложных ИУС. Методика позволяет определить оптимальные условия проведения испытаний, при которых следует оценивать ту или иную техническую характеристику сложной ИУС с целью достижения максимальной боевой или эксплуатационной эффективности испытываемой информационно-управляющей системы.

натурный испытательный эксперимент; оптимальные условия проведения экспериментов; многофакторный эксперимент; регрессионная модель

Methodology of planning and realization of natural experiments of extreme type for realization of effective strategy of tests the difficult informatively-managing systems

V.G.Naidenov, A.N.Schukin

The methodology of planning and realization of natural experiments of extreme type presented in the article for realization of effective strategy of tests the difficult informatively-managing systems allows to conduct scientifically - reasonable planning and realization of natural experiments at the tests of the difficult informatively-managing systems. Methodology allows to define the optimal terms of testing, at that it is necessary to estimate one or another technical description of the difficult informatively-managing system with the purpose of achievement of maximal battle or operating efficiency of the tested informatively-managing system.

natural test experiment; optimal terms of realization of experiments; multivariable experiment; regressive model

Методический подход к определению рационального типажа лазерных средств оптико-электронного подавления

Ю.Л.Козирацкий, А.Д.Луценко, А.Н.Глушков

В статье изложен методический подход к определению рационального типажа лазерных оптико-электронного подавления. Подход основан на генерации потребного состава данных средств с использованием классификационных системообразующих показателей с последующим сокращением их сочетаний на основе формализованной логической непротиворечивости.

рациональный типаж; оптико-электронное подавление; лазерные средства; оптико-электронные средства

A methodical approach to identifying a rational character type of optoelectronic suppression laser assets

Yu.L.Koziratsky, A.D.Lutsenko, A.N.Glushkov

A methodical approach to identifying a rational character type of optoelectronic suppression laser assets is set forth. The approach is based on generation of the required constitution of these assets using classification backbone indices and thereafter reduction of their combinations around formalized logical consistency.

rational character type; optoelectronic suppression; laser assets; optoelectronic assets

Адаптивный подход к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий

А.В.Леонов, С.С.Смирнов, Д.Г.Хованов

В статье проведен анализ отечественных и зарубежных подходов к определению объемов ассигнований на развитие военных технологий. Сформулированы предложения по совершенствованию адаптивного подхода к обоснованию объемов ассигнований на программу развития базовых военных технологий.

адаптивный подход; ассигнования; научно-технический задел; базовая военная технология; критическая военная технология

Adaptive Approach to the Detection of Appropriations Required for Basic and Critical Military Technologies Development

A.V.Leonov, S.S.Smirnov, D.G.Khovanov

Analysis of native and foreign approaches to the detection of appropriations required for military technologies is carried out. Improvement proposals for adaptive approach to the detection of appropriations required for basic military technologies development program are made.

adaptive approach; appropriations; S&T reserves; basic military technology; critical military technology

Задача синтеза экономичных трасс запуска космических аппаратов

Аверкиев Н.Ф., Булекбаев Д.А.

Статья посвящена решению актуальной задачи синтеза трассы запуска космического аппарата на целевую орбиту. При выборе оптимизируемого функционала предлагается перейти к минимизации затрат на выведение одного килограмма полезного груза на орбиту. Ограничениями выступают условия обеспечения выведения на орбиту космического аппарата заданной массы при соблюдении требований к уровню риска вдоль трассы запуска. Задача формализована и сведена к стандартной задаче оптимального управления с ограничениями.

космический аппарат; ракета-носитель; ракета космического назначения; трасса запуска; активный участок полета; риск; масса полезного груза; оптимальное управление; функционал

Problem of the syntheses of the economical route of launch of spacecraft

N.F.Averkiev, D.A.Bulekbaev

Article tells about decision of the actual problem of the syntheses of the start route of the spaceship on orbit. At choice optimal functions is offered use minimization of the expenseses on delivery of one kilogram of the useful cargo on orbit. The restrictions-chose the condition of the provision begin orbital spaceships of the accounting mass, considering level of the risk along route. The Problem formalized and aproximate to standard problem of optimum management with restrictions.

spacecraft; launch vehicle; space rocket; orbital mean route; risk; mass of payload; optimum governing; functional

Научно-технологическая программа министерства обороны США: вопросы организации, планирования, управления

А.Е.Николаев

Статья посвящена рассмотрению проблем и перспектив развития сотрудничества государства и бизнеса, как ключевого направления в стратегии развития оборонной науки и технологий. Анализируется опыт Министерства обороны США в организации, планировании и управлении военно-ориентированных исследований и разработок.

научно-технологическая программа Министерства обороны США; государственно-частное партнерство; вооружение и военная техника; научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы; технологии двойного назначения; научно-технологические военные инновации

The US Department of Defense Science and Technology program: organization, planning, management

A.E.Nikolaev

The article deals with the problems and prospects of cooperation between state and business as a key direction in the development strategy of the defense science and technology. The experience of the U.S. Department of Defense in the organization, planning and management of defense-oriented research and development is analysed.

DoD Science and Technology program; public-private partnership; arms and the military technics; research and development; dual-purpose technologies; science and technology based military innovation

Выявление системных взаимосвязей уровня экономического развития региона и форм организации материально-технического обеспечения войск (сил)

А.Х.Курбанов, В.А.Плотников

Создание системы материально-технического обеспечения войск (сил) и перевод на аутсорсинг вспомогательных и обеспечивающих процессов, выполнение которых длительное время было возложено на Тыл Вооруженных Сил, оказало влияние на порядок функционирования ведомственных обеспечивающих структур. В статье представлены методические подходы к оценке уровня экономиче-

ского развития региона, использование которых позволяет осуществить экономически обоснованный выбор районов (регионов, территорий, населенных пунктов) с позиций наличия наиболее благоприятных условий для всестороннего, полного и качественного материально-технического обеспечения войск (сил), основанного на принципах аутсорсинга.

материально-техническое обеспечение; инсорсинг; аутсорсинг; уровень экономического развития региона; региональная экономика

Identifying systemic level of economic linkages regional development and forms of organizing logistical support for the troops (forces)

A.K.Kurbanov, V.A.Plotnikov

Creating a system of logistical support for the troops (forces) and transfer to outsourcing support processes and provide the execution of which had long been entrusted to the rear of the armed forces had an impact on the operating procedures to ensure departmental structures. The article presents the methodological approaches to assessing the level of economic development, which allows the use of cost-based selection of areas (regions, territories, settlements) in terms of the availability of more favorable conditions for the full, complete and high-quality logistics troops (forces), based on the principles of outsourcing.

logistical support; insourcing; outsourcing; the level of economic development; regional economy

Влияние региональных мер поддержки семей с детьми на социальное положение военнослужащих

М.М.Венедиктова

Рассматриваются проблемы неоднородности социального обеспечения семей военнослужащих с детьми, проходящих военную службу в различных субъектах Российской Федерации, обусловленные особенностями регионального законодательства.

социальное обеспечение военнослужащих; многодетные семьи; региональное законодательство

Influence of regional measures of families with children support on a social status of the military personnel

M.M.Venediktova

Problems of heterogeneity of social security of families with children of the military

personnel, passing military service in various subjects of the Russian Federation, caused by features of the regional legislation are considered.

social security of the military personnel; large families; regional legislation

Правила представления авторами рукописей

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

Представляемая научная работа, как правило, должна соответствовать одной из следующих научных специальностей:

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

20.01.07 – Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал;

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством;

08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит;

20.02.03 – Военное право, военные проблемы международного права;

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

Авторам рекомендуется в сопроводительном письме указывать научную специальность, по тематике которой подготовлена статья.

2. Рукописи публикаций в Журнале и прилагаемые к ним материалы представляются авторами по электронной почте на адрес rk@viek.ru. Одновременно на почтовый адрес издателя (129327, г. Москва, Чукотский проезд д. 10, Академия проблем военной экономики и финансов) высылаются подписанный автором (авторами) экземпляр рукописи и прилагаемые материалы.

Рассмотрение статьи начинается с момента получения полного комплекта материалов в электронном виде. Принятие окончательного решения об опубликовании возможно не ранее получения оригиналов прилагаемых документов.

3. Рукопись представляется на русском языке в одном из следующих форматов **odt** (предпочтительно), **rtf**, **doc**, **docx**. Параметры оформления: размер листа А4, все поля по 20 мм, ориентация страницы – книжная, шрифт – **Pt Sans** (предпочтительно) или Times New Roman; размер шрифта – 14 pt; межстрочный интервал – полуторный; расстановка переносов – автоматическая; выравнивание текста – по ширине; отступ первой строки абзаца – 1,25 см.

Не рекомендуется использовать кернинг (разреженный или уплотненный шрифт).

В начале файла с рукописью статьи указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень и ученое звание, адрес электронной почты и телефон автора. Если у статьи несколько авторов, перечисленные сведения указываются для каждого из них, при этом контактные данные (адрес электронной почты, телефон) могут быть указаны только для одного из авторов.

В статье помимо текста допускается наличие математических формул, рисунков и таблиц.

Математические формулы должны быть вставлены в файл как объект OpenOffice.org (LibreOffice.org) **Math**.

Каждая иллюстрация должна быть вставлена в виде отдельного объекта «изображение» («рисунок») в одном из общепринятых графических форматов (JPEG, TIFF, BMP, GIF, PNG). Рекомендуется формат GIF с прозрачным фоном. Размер каждой иллюстрации не должен превышать 800x600 точек. Допускается приложение отдельных файлов, содержащих включенные в статью иллюстрации.

Не рекомендуется применять сложное оформление таблиц: разнообразное обрамление, объединение и разбиение ячеек и т.п. В случае необходимости их использования таблицу рекомендуется оформлять в виде рисунка.

Подписи иллюстраций, заголовки таблиц, формулы, сноски, ссылки на литературу оформляются в текстовом виде в соответствии с ГОСТом.

Учитывая, что издатель не использует пакет Microsoft Office и производит верстку в программе LibreOffice, **рекомендуем** перед отправкой в редакцию открыть направляемую статью в программе LibreOffice (OpenOffice) Writer с тем, чтобы убедиться в корректности отображения формул, таблиц, рисунков. Невыполнение данной рекомендации может привести к задержке с помещением статьи в Журнал.

4. Статья должна оканчиваться списком использованных источников, в котором указываются только авторские произведения, подлежащие включению в систему Российского индекса научного цитирования (более подробную информацию о данной системе см. на сайте Электронной научной библиотеки: <http://www.elibrary.ru>).

5. К рукописи должны быть приложены в отдельных файлах:

- заполненная **карточка статьи** по приведенной ниже форме;
- заполненная **карточка автора** (если авторов несколько, составляется на каждого автора) по приведенной ниже форме;
- заключение комиссии о возможности открытого опубликования статьи, утвержденное и заверенное печатью организации. В состав комиссии должен входить представитель службы защиты государственной тайны;
- фотография автора (авторов) в одном из общепринятых графических форматов – портретная, без посторонних людей в кадре; размер фотографии не менее 300 пикселей по горизонтали и 400 пикселей по вертикали (представляется по желанию).

Кроме того, к рукописи прилагается документ об оплате рецензирования статьи (см. Порядок рецензирования рукописей) либо справка учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, где автор проходит обучение по очной форме (для аспирантов).

6. В случае несоответствия рукописи или прилагаемых материалов настоящим правилам ответственный секретарь редакции возвращает их автору для устранения недостатков.

Порядок рецензирования рукописей

1. Рукописи, поступающие в редакцию журнала «Вооружение и экономика» (далее – Журнал), подлежат обязательному рецензированию (экспертной оценке).

2. Перечень специалистов, привлекаемых к рецензированию, утверждается главным редактором журнала. В рецензировании рукописей вправе участвовать члены редакционной коллегии и научно-редакционного совета Журнала. По решению редакционной коллегии для рецензирования могут привлекаться также иные специалисты, если среди перечисленных лиц отсутствуют эксперты по проблематике представленной статьи.

3. Оплата рецензирования статей производится авторами из расчета 300 руб. за каждую полную или неполную страницу предлагаемого к опубликованию материала, оформленного в соответствии с Правилами представления авторами рукописей.

Способы оплаты:

- наличными по месту нахождения издателя (Академии проблем военной экономики и финансов) по квитанции установленного образца;
- безналичным переводом на банковский счет со следующими реквизитами:

Получатель: Региональная общественная организация «Академия проблем военной экономики и финансов». ИНН 7716161379.

Р/с 40703810538050100402 в Московском банке Сбербанка РФ.

БИК 044525225.

Кор./счет 30101810400000000225.

Плата за опубликование статей не взимается со следующих категорий авторов:

аспирантов, обучающихся по очной форме (для подтверждения статуса аспиранта автор представляет справку учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, где он проходит обучение);

сотрудников 46 ЦНИИ МО РФ и Академии проблем военной экономики и финансов.

4. В течение четырех рабочих дней с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил представления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирование одному из экспертов, указанных в пункте 2 настоящего положения. При направлении статьи на рецензирование из нее удаляется информация об авторе.

5. Рецензент проводит рецензирование работы в течение двух недель с момента поступления к нему рукописи. Если по объективным причинам рецензент не в состоянии провести экспертную оценку рукописи в установленный срок, он должен сообщить об этом главному редактору (заместителю главного редактора). Главный редактор (заместитель главного редактора) в этом случае вправе продлить срок рецензирования работы либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

6. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (не является экспертом по проблематике представленной статьи, сам ведет исследования по аналогичной проблематике, является соавтором лица, представившего рукопись, по научным работам и т.п.), он в течение двух рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

7. Отрицательная рецензия высылается автору (авторам) рукописей на указанный ими адрес электронной почты без указания лица, проводившего рецензирование. Положительные рецензии направляются авторам лишь по их просьбе.

При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

Рецензии представляются редакцией по запросам экспертных советов в Высшую аттестационную комиссию Минобрнауки России.

8. Автор, не согласный с рецензией, вправе в недельный срок с момента высылки ему рецензии представить свои возражения по ее содержанию.

9. После получения рецензии рукопись представляется ученым секретарем на ближайшем заседании редакционной коллегии. В случае если рецензия не является положительной (содержит замечания, указания на необходимость переработки, вывод о нецелесообразности опубликования в представлен-

ном виде и т.п.), представление на заседании редакционной коллегии производится не раньше, чем по истечении срока, указанного в п. 8 настоящего Порядка.

10. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

11. Оплата труда рецензентов производится Региональной общественной организации «Академия проблем военной экономики и финансов».

Карточка статьи

| | На русском языке | На английском языке |
|------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| Название статьи | | |
| Инициалы и фамилия автора (авторов) | | |
| Авторская аннотация (не более 500 знаков, включая пробелы) | | |
| Ключевые слова (разделенные точкой с запятой) | | |

[Карточка статьи.doc](#)

Карточка автора

| | |
|------------------------------------------|--|
| Фамилия | |
| Имя | |
| Отчество | |
| Ученая степень ^{*)} | |
| Ученое звание ^{*)} | |
| Место работы | |
| Должность | |
| Контактный телефон | |
| Адрес электронной почты | |
| Дополнительная информация ^{**)} | |

^{*)} При наличии.

^{**)} Заполняется по желанию автора. Здесь могут быть указаны сведения, которые автор желает дополнительно сообщить о себе (наличие почетных званий и др.). Указание приведенных дополнительных сведений в Журнале остается на усмотрение редакции.

[Карточка автора.doc](#)

Условия подписки на полнотекстовую версию

Свободный доступ к полнотекстовой версии электронного научного журнала «Вооружение и экономика» осуществляется на сайте Министерства обороны Российской Федерации по адресу <http://sc.mil.ru/social/media/magazine/more.htm?id=10696@morfOrgInfo> либо на сайте журнала <http://www.viek.ru>.