

ISSN 2224-1159

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»

# ВЕСТНИК ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

№ 4 (45) 30 декабря 2014 г.



ВОЕННЫЙ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

# ВЕСТНИК ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

№ 4 (45) 30 декабря 2014 г.

Военный научно-  
теоретический журнал

Издается с 2003 года

**Адрес редакции:**

220057, г. Минск-57, учреждение  
образования «Военная академия  
Республики Беларусь», главный  
корпус, комн. № 264 А.  
Тел./факс: 287-45-15.

**Издатель:**

Учреждение образования  
«Военная академия Республики  
Беларусь».

Свидетельство № 2218 от  
07.04.2004.

**Набор и верстка:**

Демидова А. К.

**Дизайн обложки:**

Мацкевич А. Н.

**Печать:**

Изд. лицензия № 02330/0494406  
от 27.03.2009.

Подписано в печать 20.12.14 г.

Формат 60×84/8. Бумага писчая.

Гарнитура «Таймс». Печать  
ризография. Усл. печ. л. 24,41.

Тираж 100 экз. Зак. 448.

Отпечатано в типографии  
учреждения образования

«Военная академия  
Республики Беларусь».

220057, Минск-57.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Косачев И. М.**, *главный редактор*, доктор  
технических наук, профессор;

**Малкин В. А.**, *заместитель главного редактора*,  
доктор технических наук, профессор;

**Мацкевич А. И.**, *секретарь*, кандидат технических  
наук, доцент;

**Белько В. М.**, кандидат технических наук, доцент;

**Гринюк В. И.**, кандидат военных наук, профессор;

**Гурин В. М.**, кандидат педагогических наук, доцент;

**Денисенко И. Г.**, кандидат военных наук, доцент;

**Ивашко В. М.**, кандидат военных наук, доцент;

**Колодяжный В. В.**, доктор военных наук, профессор;

**Кругликов С. В.**, доктор военных наук, доцент;

**Ксенофонтов В. А.**, кандидат философских наук,  
доцент;

**Куренев В. А.**, доктор технических наук, профессор;

**Лапука О. Г.**, доктор технических наук, профессор;

**Лебедкин А. В.**, доктор военных наук, профессор;

**Нишнева Н. И.**, доктор педагогических наук,  
профессор;

**Кириллов В. И.**, доктор технических наук,  
профессор;

**Павлович В. С.**, доктор физико-математических  
наук, профессор;

**Чаура М. П.**, кандидат военных наук, доцент;

**Улитко С. А.**, кандидат педагогических наук,  
доцент;

**Юрцев О. А.**, доктор технических наук, профессор.

## СОДЕРЖАНИЕ

**1. Основы военной науки и военного строительства**

Батракова Л. Г., Колпакова А. Г., Краснова Г. Н. Гендерная профессиональная структура занятости в вооруженных силах России и стран мира .....	4
Верлуп С. В. Угроза национальной безопасности: универсальные методы эффективного познания.....	18
Евстигнеев А. А. Место и роль взаимодействия в процессе управления войсками.....	30
Казаков В. Г. Категория «способ действий» сил авиации: сущность, содержание и направления совершенствования.....	35
Карпилена Н. В. О месте Республики Беларусь в цивилизационном и геополитическом противостоянии России и Запада.....	41
Кирюшин А. Н., Казаков В. Г. Способ комплексного управления боевыми действиями.....	58
Мещеряков С. А. Некоторые вопросы применения внутренних войск в целях противодействия незаконным вооруженным формированиям.....	62
Ольшевский В. Г. Сдерживание в военной стратегии и системе международных отношений: исторические и гуманитарные аспекты.....	71
Шкуратов Е. А., Шлакунов В. В., Лазарь И. А. Обоснование рационального порядка работы должностных лиц штаба оперативного объединения в ходе организации боевых действий.....	85
Шлакунов В. В., Гремчук М. С., Шлакунов В. П. Обоснование объема огневых задач, выполняемых ракетными войсками и артиллерией в современных операциях	91

**2. Системный анализ и информационные технологии в военном деле**

Быков Р. В., Куренев А. В. Учет среды распространения при моделировании акустических сигналов в точке приема.....	98
Желудок И. С., Хандошко С. Н. Эвристические алгоритмы решения задачи перемещения боеприпасов с учетом их партий.....	105

**3. Общетеоретические вопросы разработки и совершенствования вооружения и военной техники**

Аникеев Ю. И., Долгович А. В., Хандошко С. Н. Выбор и обоснование технических средств для оснащения унифицированной мастерской по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения.....	111
Зинченко А. А., Слюсар В. И. Фазовый метод оценивания дальности по выходу дециматора отсчетов аналого-цифрового преобразователя.....	119
Косачев И. М. Методология высокоточной нелинейной фильтрации случайных процессов в стохастических динамических системах с фиксированной структурой.....	125
Тихонова Е. Ю., Мацкевич А. Н. Анализ эффективности многопараметрической маршрутизации в пакетной сети связи.....	162

**4. Разработка, модернизация и эксплуатация вооружения и военной техники**

Бойкачев П. В., Филиппович Г. А., Белевич В. Ф. Оптимальный синтез фильтров и согласующих цепей с использованием модифицированных аппроксимирующих функций.....	169
Шашок В. Н., Филиппович Г. А. Параметрическая чувствительность частотно-избирательных цепей с нарастающе-волновой функцией передачи.....	180

**5. Проблемы военной педагогики, воинского обучения и воспитания**

Гламазда А. В. Система подбора и подготовки профессорско-педагогического состава в высшей военной школе дореволюционной России.....	185
Гурин В. М. Технология проблемного обучения в военном учебном заведении..	192
Дудко С. Г., Пашкевич Н. В. Содержание педагогико-технологической компетентности преподавателя Военной академии Республики Беларусь (психолого-педагогические основы технологизации процесса обучения).....	198

# 1. ОСНОВЫ ВОЕННОЙ НАУКИ И ВОЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

## ГЕНДЕРНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТОСТИ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РОССИИ И СТРАН МИРА

УДК 355.2

Л. Г. Батракова, А. Г. Колпакова, Г. Н. Краснова\*

*Рассмотрен исторический аспект привлечения женщин на военную службу. Раскрыты основные причины расширения возможности интеграции женского воинского контингента в вооруженные силы России и других стран мира. Обоснована необходимость проведения гендерного анализа существующих проблем в военной сфере.*

*Historical aspect to attract women into the military is considered. The basic reasons for expanding the possibilities of integrating female troops into the armed forces of Russia and other countries of the world are analyzed. The necessity to conduct a gender analysis of the existing problems in the military sphere is proved.*

Важнейшим направлением и необходимым условием реализации реформы в армии является ее профессионализация. В Российской Федерации переход к профессиональной армии на контрактной основе начался после принятия 30 ноября 1992 г. постановления «О мероприятиях по поэтапному переходу к комплектованию Вооруженных сил Российской Федерации военными служащими в добровольном порядке – по контракту». Оно открыло широкий доступ в российскую армию женщинам. Переход к формированию современных армий имеет ряд преимуществ, позволяющих повысить уровень подготовленности личного состава. Однако такой переход является сложным процессом и требует подготовительной работы, а также использования новейших методов обучения.

В настоящее время в Вооруженных силах России существует проблема подбора кадров. Если раньше большой процент молодых людей, отслуживших в армии, оставался на сверхсрочную службу, то сейчас желающих стало меньше. В соответствии с п. 1 ст. 22 Федерального закона от 28.03.1998 г. № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе» (ред. 21.07.2014 г.) для граждан Российской Федерации мужского пола установлен единый призывной возраст: с 18 до 27 лет. По данным ФСГС можно сделать вывод, что при сохранении нынешних демографических тенденций через 10 лет призывной контингент в России значительно уменьшится. Демографический прогноз численности населения России по данным ФСГС до 2030 г. представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Прогноз ФСГС численности населения Российской Федерации в возрасте 18–27 лет на начало года [7]

Год	Низкий вариант прогноза		Средний вариант прогноза		Высокий вариант прогноза	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
2015	9 813 352	9 500 508	9 818 998	9 506 786	9 823 254	9 512 977
2020	7 314 098	7 093 321	7 375 407	7 158 049	7 434 970	7 222 775
2025	7 225 801	6 988 211	7 359 265	7 123 346	7 490 860	7 258 628
2030	8 228 836	7 936 856	8 431 644	8 139 266	8 632 706	8 341 976

Изучение проблем социальной адаптации женщин на рынке труда позволяет сделать вывод о том, что произошло переосмысление места и роли женщин в политической, экономической, научной и других сферах жизни. Процесс интеграции женщин в «мужские»

профессии приобрел устойчивые темпы. Женщины стали играть важную роль и в вооруженных силах.

Исторически общество стремилось уберечь женщину от военной службы, однако демографическая ситуация, неукомплектованность частей кадрами и другие факторы стали причинами интеграции женского воинского контингента в вооруженные силы. Участие женщин в военной сфере не является феноменом XXI в., женщины составляли часть военной организации не только в средние века, но и в эпоху классической древности (подробнее об истории участия женщин в военных походах можно ознакомиться в статье «Женщины на военной службе в России: исторический аспект» [2]).

Служба женщин в армии имеет длительную историю, однако дискуссии относительно феминизации армии идут и сейчас. Многие мыслители древности подчеркивали важность «женского фермента» в военной среде. Так, древнегреческий философ А. Платон в сочинении «Государство» в части «Роль женщин в идеальном государстве» (кн. 5) отмечал, что принадлежность к мужскому или женскому полу – отнюдь не единственный критерий, который определяет место человека в общественно-полезной деятельности. Говоря о равноправии полов в обществе, он выстраивал такую логическую цепочку: «...по своей природе как женщина, так и мужчина могут принимать участие во всех делах – значит, для охраны государства и у мужчины, и у женщины одинаковые природные задатки – значит, для подобных мужчин надо и жен выбирать таких, чтобы они жили вместе и вместе стояли на страже государства» [11].

В европейских армиях женщины впервые приобрели статус штатных военнослужащих в качестве сестер милосердия в период «военной революции» в 1560–1650 гг. Родиной феминизированной армии стала Англия, где в 1653 г. появились первые женские военные госпитали, состоящие из жен солдат. Согласно законодательству, в каждой роте было предписано иметь не более шести женщин. Такие нормативы вводились и в других европейских армиях. Впервые в мире без каких-либо ограничений женщин наравне с мужчинами стали принимать как полноправных военнослужащих в Канаде в 1895 г.

В русско-турецкой войне 1877–1878 гг. принимали участие около 1 500 женщин, в русско-японской войне 1904–1905 гг. – 2 888 сестер милосердия. В мае 1903 г. был утвержден Устав общин сестер милосердия Российского общества Красного Креста, которым были установлены цели, обязанности женщин и их подчинение. В 1917–1919 гг. в составе британских вооруженных сил были сформированы Женские королевские военно-воздушные силы, Женский Королевский вспомогательный корпус ВМФ и Женский легион секции автотранспорта численностью 100 тыс. чел.

В связи с массовым характером боевых действий в годы Первой мировой войны в армиях воюющих государств количество женщин значительно увеличилось. 18 июня 1917 г. Главное Управление Генерального штаба России направило Военному совету представление № 12587 о формировании войсковых частей из женщин-добровольцев (утверждено 29 июня 1917 г.). В годы Первой мировой войны георгиевским кавалером М. Бочкаревой было сформировано первое женское пехотное формирование – ударный «батальон смерти».

В постановлении Временного правительства от 16 августа 1917 г. говорилось о формировании на Западном фронте Минской отдельной караульной роты из женщин-добровольцев. При зачислении в дружину они должны были принять присягу и до конца войны не имели права выйти из состава части. Увольнение возможно было только по болезни.

В принятых V Всероссийским съездом Советов 10 июля 1918 г. Конституции РСФСР (ст. 19) и постановлении «Об организации Красной Армии» была законодательно закреплена всеобщая воинская повинность трудящихся граждан, включая и женщин. Впоследствии положения Конституции РСФСР 1918 г. в части привлечения женщин в обязательном порядке на военную службу нашли развитие в Законе СССР «Об обязательной военной службе» 1925 г., но только в военное время.

Вторая мировая война вызвала увеличение числа женщин в воинских формированиях. В английской армии насчитывалось до 225 тыс. женщин, в американской – 450–500 тыс.,

в германской – около 500 тыс., более 800 тыс. женщин – в Советской Армии, из них 80 тыс. офицеров и более 60 % составляли солдаты и матросы, сержанты и старшины [14, 6]. Гендерная структура войск Центрального фронта в общевойсковой армии по состоянию на 1 мая 1943 г. показана в таблице 2.

Таблица 2 – Состав войск Центрального фронта в общевойсковой армии по состоянию на 1 мая 1943 г. [18]

Войска Центрального фронта	Личный состав, чел.	В том числе женщины, чел.	Удельный вес, %
13 А	73 668	1 551	2,1
48 А	48 774	1 454	3,0
60 А	74 713	1 595	2,1
70 А	77 079	1 561	2,0
65 А	74 060	1 462	2,0

За мужество и героизм в годы Великой Отечественной войны 150 тыс. женщин награждены боевыми орденами и медалями: 86 отмечены званием Героя Советского Союза, более 200 стали кавалерами орденов Славы 2-й и 3-й степени, а четыре – полными кавалерами ордена Славы [3].

Страны, имеющие давнюю историю зачисления женщин в армию (Дания, Норвегия, Франция и др.), а также современные армии (США, Канада, Австралия и др.) используют самые эффективные методы для привлечения женщин на военную службу. Одной из приоритетных задач военного компонента ООН стало увеличение числа женщин-военнослужащих, задействованных в миротворческих операциях. Вместе с этим изменилась и структура занятости. На начало 2013 г. от общего числа военнослужащих ООН женщины составляли 3,8 %. Изменение гендерной профессиональной структуры занятости в Вооруженных силах России с 1985 по 2010 г. показано в таблице 3.

Таблица 3 – Гендерная профессиональная структура занятости в Вооруженных силах России в 1985–2010 гг.

Год	Пол	Доля военнослужащих от занятых в экономике, %	Год	Пол	Доля военнослужащих от занятых в экономике, %
1985	женщины	0,23	2001	женщины	0,19
	мужчины	2,93		мужчины	1,45
1990	женщины	0,27	2002	женщины	0,18
	мужчины	2,91		мужчины	1,29
1991	женщины	0,30	2003	женщины	0,17
	мужчины	3,31		мужчины	1,53
1994	женщины	0,08	2004	женщины	0,17
	мужчины	1,28		мужчины	1,43
1995	женщины	0,44	2007	женщины	0,27
	мужчины	2,14		мужчины	2,90
1996	женщины	0,54	2009	женщины	0,26
	мужчины	2,59		мужчины	3,14
1998	женщины	0,32	2010	женщины	0,33
	мужчины	2,21		мужчины	3,15
2000	женщины	0,30			
	мужчины	1,76			

*Примечание.* Рассчитано авторами по данным открытой печати.

Ориентация женщин на службу в вооруженных силах закономерна. Принимая во внимание сокращение количества военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, и профессионализацию вооруженных сил, можно утверждать, что удельный вес военнослужащих женского пола будет только расти.

Мотивация женщин к военной службе очень высокая. Основными мотивационными факторами можно назвать следующие: высокий уровень безработицы среди женщин; недостаточное материальное обеспечение населения; возможность получения более раннего и повышенного, по сравнению с другими категориями женщин, пенсионного обеспечения. Доктор педагогических наук С. Л. Рыков к причинам феминизации армии как общемировой тенденции относит: а) рост влияния авторитета женщин в обществе и профессиональной среде как самодостаточных субъектов профессиональных отношений; б) заполнение женщинами ниши уклоняющихся от армии молодых людей, подлежащих призыву; в) поиск женщинами относительно стабильных сфер профессиональной и личностной самореализации; г) стремление решить жилищную проблему; д) возможность получить востребованные в обществе специальности (компьютерный аналитик, переводчик-лингвист и др.) [13].

Женщины идут служить в армию не для того, чтобы показать свою значимость, а для того, чтобы реализовать себя в военно-профессиональной сфере. Если в 1993 г. в Вооруженных силах РФ проходили военную службу 122 тыс. женщин (5,3 % от их общей численности), то начиная с 1995 г. ежегодный прирост военнослужащих-женщин составлял 1,5 %. Нельзя не отметить и тот факт, что с 1997 г. в профессиональной воинской деятельности обострилась дискриминация по половому признаку. Это было вызвано изданием приказа министра обороны РФ о запрещении приема женщин в военные академии (кроме войск связи и медицинских специальностей).

В настоящее время в сравнении с 2007 г. количество женщин-военнослужащих сократилось втрое. Однако эта ситуация не является «специальной акцией», а связана с общей тенденцией сокращения численности личного состава Вооруженных сил РФ в связи с кардинальным реформированием. В 2011 г. за добросовестное выполнение служебных обязанностей 4 женщины-военнослужащие удостоены государственных наград, более 6 тысяч награждены ведомственными медалями Министерства обороны России. Изменение доли военнослужащих женского пола среди личного состава показано в таблице 4.

Таблица 4 – Количество военнослужащих женского пола в России за период 1980–2013 гг.

Показатель	Годы									
	1980	1985	1993	1995	1999	2002	2008	2009	2010	2013
Доля военнослужащих - женщин среди личного состава, %	1,6	1,8	5,3	6,8	10,0	10,0	8,5	7,7	9,2	9,0

*Примечание.* Составлено авторами по данным открытой печати.

18–19 июня 2014 г. в Каракасе (Венесуэла) прошел международный форум женщин-военнослужащих, повесткой дня которого было предусмотрено обсуждение вопросов, связанных с гендерными аспектами прохождения военной службы в армиях различных государств. Выступая на форуме, единственная в российской армии женщина, имеющая звание, соответствующее генералу армии, заместитель министра обороны Т. Шевцова сообщила, что во всех видах и родах войск Вооруженных сил на должностях рядового и сержантского состава проходят военную службу более 24 тыс. военнослужащих-женщин. К 2020 г. на указанные должности планируется набрать около 40 тыс. женщин.

В России существуют женские подразделения на контрактной основе. С весны 1990 г. в школе прапорщиков под Москвой была создана женская рота. В Кантемировской дивизии служат по контракту более 100 женщин. В Уральском военном округе создана бригада



специального назначения, в которой служат контрактники, среди них более 20 женщин, которые входят в состав боевых экипажей. Есть отдельная мотострелковая бригада, где служат 140 девушек.

С 1990 г. для получения высшего военно-специального образования женщины могли поступать и обучаться в нескольких военно-учебных заведениях. Это военно-медицинские факультеты при гражданских медицинских учебных заведениях и Военной академии экономики, финансов и права (юридический факультет). По данным ИА «Интерфакс» со ссылкой на временно исполняющего должность начальника управления пресс-службы и информации Минобороны РФ полковника А. Дробышевского, в 2008 г. 18 военно-учебных заведений Министерства обороны РФ осуществляли набор курсантов-девушек. По данным на 5 марта 2009 г. в высших военно-учебных заведениях Минобороны обучалось 750 россиянок [5].

1 сентября 2008 г. был создан кадетский корпус женского типа – пансион государственных воспитанниц Министерства обороны Российской Федерации, в котором обеспечивается подготовка по предметам кадетского профиля. Начиная с пятого класса в пансионе учатся исключительно дети военнослужащих. Создан попечительский совет пансиона воспитанниц, который возглавил министр обороны РФ. Это свидетельствует о важности явления и желании женщин принимать участие в защите Отечества.

В Беларуси число военнослужащих женского пола с каждым годом растет. По состоянию на январь 2014 г. в белорусской армии служат более 4 500 женщин, свыше 500 – офицеры, из них около 130 женщин являются старшими офицерами, 53 из которых носят звания подполковников, а 4 – полковников. Общее количество женщин-офицеров за последние 10 лет увеличилось в 3 раза. Самой многочисленной в армии является категория женщин, которые проходят службу на должностях солдат и сержантов. Их прием осуществляется в добровольном порядке на контрактной основе. Около 1 100 женщин являются прапорщиками, более 2 500 – проходят службу по контракту на должностях солдат и сержантов [8]. Средний возраст военных женщин составляет 29 лет.

Большая часть офицеров-женщин проходят службу в должностях военных врачей, психологов, переводчиков, юристов. Некоторые возглавляют отделения в военных комиссариатах. В настоящее время перечень военно-учетных специальностей офицерского состава Вооруженных Сил, утвержденный в январе 2008 г., на которых могут проходить военную службу граждане женского пола, был дополнен. Министр обороны Республики Беларусь утвердил новый список и 55 должностей, которые могут занимать женщины. Это должности командного, инженерного, технического, военно-гуманитарного, идеологического, педагогического и медицинского профилей. Сейчас большинство женщин проходят службу в должностях военных врачей, психологов, переводчиков, юристов, педагогов, некоторые возглавляют отделения в военных комиссариатах. Вместе с тем женщины-военнослужащие не могут назначаться на определенные должности, а также проходить службу в подразделениях, имеющих на вооружении тяжелую бронетехнику – танки, боевые машины пехоты.

С 2002 г. женщины-курсанты обучаются в Военной академии Беларуси на факультете связи и автоматизированных систем управления, а также на военных факультетах Белорусского национального технического университета и Белорусского государственного университета. В 2008 г. был осуществлен первый экспериментальный набор девушек на авиационный факультет Военной академии, где девушки-курсанты осваивают летные и инженерные специальности. В 2011 г. среди выпускников авиационного факультета впервые была девушка – военный пилот. С 2003 г. ведется подготовка женщин-прапорщиков и на базе 72-го Объединенного учебного центра подготовки прапорщиков и младших специалистов Вооруженных Сил [8, 9].

Мировой опыт свидетельствует, что без ущерба для боеготовности доля военнослужащих-женщин в вооруженных силах может составлять до 10–12 %.

Доля военнослужащих-женщин от общей численности вооруженных сил различных стран мира в 2009 г. приведена в таблице 5.

Феминизация вооруженных сил имеет общие тенденции развития в армиях различных государств, но существуют и специфические черты. Стремление женщин к службе в армии обусловлено национальными традициями, социально-экономическими факторами развития каждой страны, морально-этическими нормами и др. Если в Норвегии и Канаде женщина может стать командиром подлодки, то в Бельгии их не берут на флот; если в Греции, Португалии, Турции и Франции женщинам доступны любые армейские должности, кроме боевых частей, то в итальянской армии им было вообще запрещено служить до 1999 г., в Люксембурге им нельзя занимать офицерские должности, а 12-я статья Конституции Германии долгое время запрещала привлечение женщин к службе в армии с оружием.

Таблица 5 – Количество военнослужащих-женщин в различных странах мира [15]

Страна	Доля женщин-военнослужащих от общей численности вооруженных сил, %
США	15
Франция	10,1
Канада	9,4
Россия	9
Великобритания	8
Китай	4
Бельгия	3,8
Дания	3,2
Нидерланды	1,8
Норвегия	1,48
Турция	1,2
Греция	1,2
Германия	0,7

В марте 1972 г. конгрессом США были приняты поправки к Конституции США «О равных правах», которые запретили любую дискриминацию по признаку пола во всех областях профессиональной деятельности граждан США. В этом же году для женщин было снято большинство ограничений по боевым специальностям, а с 1976 г. им было разрешено поступать в военные академии. В 1986 г. женщины были допущены в состав боевых расчетов пуска межконтинентальных ракет «Минитмен» и МХ стратегических ядерных сил США. Командиром космического корабля «Шаттл» была назначена полковник Элин Коллинз. В США на 99 % женщины допущены в боевую авиацию и на боевые корабли, кроме подводных лодок.

В 2010 г. доля женщин-военнослужащих, занятых в традиционных областях, составила 47 %, а в нетрадиционных (разведка, ремонт и обслуживание электронного оборудования, ремонт электромеханического оборудования и др.) возросла до 84 %.

С введением системы добровольного найма как основного принципа комплектования профессиональных вооруженных сил количество женщин-военнослужащих в общей структуре вооруженных сил США возросло с 42 000 в 1973 г. до 214 098 в 2012 г. Данные по численности женщин-военнослужащих в вооруженных силах США в 2010 г. приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Численность военнослужащих в вооруженных силах США [16]

Пол	Регулярные войска	Организованный резерв (национальная гвардия и резервы видов ВС)	Всего в вооруженных силах
<i>Генералы и адмиралы</i>			
Мужчины	852	580	1 432
Женщины	57	47	104
<i>Офицеры</i>			
Мужчины	188 600	92 400	281 000
Женщины	34 000	21 000	55 000
<i>Сержанты, солдаты и курсанты</i>			
Мужчины	991 600	598 000	1 589 600
Женщины	160 000	120 000	280 000

С 1994 г. в США действовал запрет на участие женщин в наземных боевых операциях. Женщины, дислоцированные в горячих точках, числились в бригадах по 3,5 тыс. чел. и не могли служить в пехоте, бронетанковых войсках и участвовать в спецоперациях, так как боевые задачи в этих родах войск связаны с повышенным риском для жизни. В 2012 г. Пентагон расширил номенклатуру должностей, которые могли занимать женщины-военнослужащие в вооруженных силах США. Для них дополнительно были открыты более 14 тыс. должностей и специальностей.

В 2012 г. в вооруженных силах США проходили службу 14,6 % женщин, среди них в армии доля женщин составляла 13,6 %, в корпусе морской пехоты – 6,8 %, в военно-морском флоте – 16,4 %, в военно-воздушных силах – 19,1 %, в береговой охране – 15,7 % [17, с. 10]. Более 37 тыс. женщин-военнослужащих – офицеры.

Женщинам в вооруженных силах США разрешено служить с 1948 г. Из общего количества действующих войск (1 426 713 чел.) женщин-военнослужащих – 206 874 человека (14,5 % от общего числа военнослужащих). Более 100 имеют звание «генерал» [16].

В январе 2013 г. глава Пентагона Леон Панетта объявил о снятии запрета на участие женщин-военнослужащих в наземных боевых операциях американских вооруженных сил, в том числе в составе элитных подразделений спецназа. Необходимость пересмотреть этот вопрос была продиктована условиями войны, которую США ведут в Ираке и Афганистане. Председатель сенатского комитета по делам вооруженных сил Карл Левин (штат Мичиган) заявил, что это решение отражает реалии военных операций XXI в. За время операций в эти страны были направлены 280 тыс. женщин-военнослужащих, 152 из них погибли. На основе нововведений женщины-военнослужащие США должны проходить службу в батальонах, насчитывающих 800 человек, располагающихся ближе к вражеским позициям. Новые правила предполагают создание 14 тыс. дополнительных должностей для женщин в армии.

В 1977 г. в Королевстве Норвегии был принят закон о гендерном равенстве, который открыл женщинам путь в боевые подразделения. Первая женщина-полковник Берит Увесин возглавила отдел личного состава в штабе ВВС страны. В норвежских Военно-морских силах капитан третьего ранга Солвейг Крей командует подводной лодкой «Ковбен» С-318. Норвежкам доступны почти все военные специальности, за исключением тех, которые предусматривают непосредственный контакт с врагом [1].

Среди португальских десантников первые женщины-военнослужащие появились в 1961 г. с началом колониальной войны в Африке. В настоящее время женщины-военнослужащие оставляют 12 % от личного состава португальских вооруженных сил, но в ВВС их 15,5 %, а в сухопутных войсках – 15 %. Министром обороны Португалии издана директива, которая сняла ограничения для женщин, желающих служить в специальных войсках, в частности на военно-морском флоте. В 2006 г. морской офицер Жизела Антунеш

была назначена командиром военного катера. Однако в личном составе ВМС почти в два раза меньше женщин, чем в других видах войск – 7,2 % [1].

Самой «женственной» в Европе считается французская армия, которая с 2002 г. полностью комплектуется на профессиональной основе. Женщины служат практически во всех войсках, кроме Иностранного легиона, морской пехоты и экипажей подводных лодок. С 1995 г. им разрешено пилотировать все виды самолетов, в том числе и боевые. В авиации женщины составляют 1,5 % летного состава. В последнее время во Франции были сняты существовавшие ограничения, которые закрывали женщинам доступ к командным должностям.

В странах блока НАТО история военной службы женщин началась задолго до образования самого союза. Согласно данным Организации по делам женщин в вооруженных силах стран – участниц НАТО, за последние 40 лет число женщин-военнослужащих выросло в 10 раз и достигло почти 290 тыс. человек, из них около 40 тыс. являются офицерами [16]. Численность женщин-военнослужащих стран НАТО показана в таблице 7.

Эксперты журнала «НАТО Ревью» (Брюссель), исходя из численности женщин в вооруженных силах, делят государства – члены НАТО на 4 группы:

– страны с наивысшей абсолютной численностью женщин – США, Франция, Великобритания и Германия, в которых, по данным за 2011 г., женщины составляют 220,9 тыс. чел., 27,5 тыс. чел., 16,6 тыс. чел. и 16 тыс. чел. соответственно;

– страны, в которых численность женщин в армии колеблется от 5 тыс. до 6 тыс. чел., а их доля в вооруженных силах – от 3 до 6 %. В эту группу включены Испания и Греция;

– группы с относительно невысокой абсолютной численностью женщин при высокой их относительной численности в вооруженных силах – от 7 до 11 %. В эту группу входят Нидерланды, Бельгия, Венгрия, Португалия и Канада;

– страны, характеризующиеся не большой общей численностью женщин-военнослужащих и невысокой их долей в вооруженных силах. В группу включены Чехия (3 тыс. чел.), Норвегия (1,5 тыс. чел.), Турция (8 тыс. чел.), Дания (0,9 тыс. чел.), Польша (0,3 тыс. чел.) и Люксембург (0,05 тыс. чел.) [16].

Таблица 7 – Количество военнослужащих-женщин в армиях стран НАТО [16]

Страна	Количество военнослужащих-женщин	В том числе офицеров	Доля военнослужащих-женщин от численности ВС, %
Бельгия	3486	1300	3,75
Великобритания	16604	2338	5,04
Греция	2002	292	1,19
Дания	979	65	4,2
Испания	1475	270	0,11
Канада	8014	1565	9,36
Люксембург	9	0	1,28
Нидерланды	1915	227	1,81
Норвегия	540	301	1,38
Португалия	1045	58	0,01
США	220957	32077	14,5
Турция	8014	1565	1,23
Франция	20470	1015	14,1
ФРГ	16000	1690	16,9
Чехия	3000	871	13

Среди государств – членов НАТО можно выделить несколько стран, в которых женщины до последнего времени не служили в армии. Так, в Италии только в 1999 г. парламент одобрил законопроект, разрешивший женщинам служить в армии на

добровольной основе. Особое место среди стран – членов НАТО занимает Исландия, у которой нет собственных вооруженных сил.

Женщины Германии только с 1975 г. получили право служить в армии, однако фактически их военная служба была ограничена вспомогательными подразделениями (медицинскими и музыкальными). Первой в истории Германии женщиной-генералом в 1994 г. стала Верене фон Веймарн, которой было присвоено звание врача-генерала. С 2001 г. в Германии были сняты все ограничения на службу для женщин, которым разрешено обучаться любым военным специальностям и служить в любых родах войск. По состоянию на 2006 г. в бундесвере на службе состоят около 12 тыс. женщин, половина из которых служат в санитарных частях. Женщины составляют примерно 6,2 % контрактников (в ВМС 8,4 %, в пехоте 6,9 %, в ВВС 4,9 %).

Женщины западных стран предпочитают авиацию: в ВВС США их 13 %, Франции – 10 %, Великобритании – 6,8 %, Австралии – 13,2 %, что превышает средний показатель по вооруженным силам названных государств.

Опыт зарубежных стран важен для современной России, но нельзя не учитывать, что наша страна обладает исторически сложившимися особенностями, которые влияют на все институты общества, включая и армию. По мнению С. А. Рыкова, различия в процессе феминизации России и западных стран следующие:

а) в США и странах Европы военнослужащие-женщины более успешны в освоении традиционно «мужских» специальностей (подводные лодки, боевые корабли, ракетные части стратегического назначения и ряд других);

б) в зарубежных армиях отсутствует гендерная дискриминация при поступлении в военные академии [13].

Приток женщин в Вооруженные силы России стал серьезной проблемой, которая заслуживает специального изучения. Исследования, связанные с гендерной проблематикой, начались в России только в конце 80-х гг. XX в., а в 90-е гг. в этой области знания стал происходить процесс институционализации. Нельзя не отметить, что западные ученые обратили внимание на данную проблему еще в конце 60-х гг. XX в.

Обобщая позиции представителей самых различных направлений экономической мысли, Е. Б. Мезенцева определила предмет гендерной экономики как изучение источников, масштабов и механизмов проявления гендерных экономических различий [10]. Однако, на наш взгляд, вовлечение женщин в ряды Вооруженных сил необходимо рассматривать не только с позиции гендерной экономики, но и с позиции нового направления военной науки – *гендерологии воинской деятельности*. С 1993 г. в ряде военных вузов России в соответствии с Госстандартом высшего профессионального образования РФ введена новая учебная дисциплина «Гендерология и феминология». В Академии военных наук России в декабре 2001 г. была создана научная секция «Гендерные проблемы воинской деятельности». По гендерной тематике применительно к Вооруженным силам РФ защищено большое количество кандидатских и докторских диссертаций, основано издание информационно-просветительского бюллетеня «Гендерная составляющая в процессе развития Вооруженных сил России в контексте общих гендерных превращений в России». Посредством гендерного анализа профессионализации военнослужащих женского пола выявлена типология основных групп женщин-военнослужащих: «инновационного» типа; профессионально ориентированные; работающие по необходимости; семейно ориентированные.

В Вооруженных силах России происходит сложный процесс становления гендерной политики, под которой понимают государственную и общественную деятельность, направленную на достижение равенства мужчин и женщин во всех сферах жизнедеятельности общества. *Гендерная военная политика* отражает: а) уровень гендерной культуры российского общества и его вооруженных сил; б) направленность социально-экономических функций самореализации женщин в воинском социуме; в) социальный и профессиональный статус женщин в воинских коллективах как специфической социально-демографической и военно-профессиональной группы общества.

Несмотря на значимость проблемы, в Министерстве обороны России до сих пор нет ни одной структуры, которая бы занималась вопросами, связанными с прохождением военной службы женщинами. Комплексных исследований по гендерной проблематике, охватывающих изучение политического и социально-экономического статуса, гендерных ролей и отношений женщин и мужчин, не достаточно, в то время как предоставление данной информации необходимо для разработки политики, стратегий и программ по воздействию на существующие в обществе гендерные отношения. Об этом, в частности, шла речь на парламентских слушаниях «Женщины и Вооруженные силы РФ».

Женщины добровольно служат в вооруженных силах многих стран мира. Однако им открыты не все должности, им не разрешают воевать на передовой вместе с мужчинами. За заявлениями правительств о том, что в армии существует гендерное равенство и женщины могут служить в любых сферах, кроется декларативность. Например, по сравнению с войсками США, женщины в российской армии могут замещать 66 % всех имеющихся должностей офицеров и лишь 18 % – рядового (сержантского) состава [12].

Включение женщин в списки воинских частей, право занимать определенные должности, возможности карьерного роста и самореализации, а также равноправие относятся к сфере гендерной дискриминации. Приказ министра обороны РФ № 236 от 15 мая 1998 г. «О фактах нарушения социальной защиты, безопасных условий службы и прав военнослужащих женского пола» посвящен анализу гендерных проблем в Вооруженных силах России. Данный приказ подтвердил всю сложность и актуальность рассматриваемой темы.

Существующее несовершенство многих правовых норм вызывает различные злоупотребления и нарушения при приеме женщин на военную службу и увольнении, а также во время ее прохождения. В отличие от других стран мира в России не определено правовое положение военнослужащих-женщин, в армейских уставах не прописаны правила взаимоотношений мужчин и женщин в армии. По данным Главной военной прокуратуры РФ за год права военнослужащих-женщин нарушались более 2 тыс. раз. Наиболее характерными остаются нарушения требований законов, регулирующих общую продолжительность еженедельного служебного времени, права на отдых. В связи с этим в вышеуказанном приказе обращено внимание на необходимость создания для военнослужащих женского пола профессиональных, социальных, медицинских и жилищных условий, определенных соответствующими российскими законами и международными конвенциями. В связи с данной проблемой были внесены изменения в Федеральные законы от 27 мая 1998 г. № 76-ФЗ «О статусе военнослужащих» (ред. от 03.02.2014, с изм. от 04.06.2014) и от 28 марта 1998 г. № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе» (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2014) в части совершенствования законодательства об условиях и порядке прохождения военной службы военнослужащими-женщинами.

Проблема представленности женщин в различных сферах воинской деятельности является одной из ключевых проблем гендерной политики. Женщины в Вооруженных силах РФ могут служить не по всем специальностям. Существует Перечень военно-учетных специальностей, а также профессий, специальностей, при наличии которых граждане женского пола получают военно-учетные специальности и подлежат постановке на воинский учет [12]. Профессиональный состав женщин-офицеров МО РФ показан в таблице 8.

Таблица 8 – Профессиональный состав женщин-офицеров МО РФ [13]

Профиль военно-профессиональной деятельности	Доля от общего количества женщин-офицеров, %
Медицинская служба	74,7
Военные переводчики	11,3
Войска связи	8,7
Финансовая служба	3,8
Преподаватели и научные работники	1,5

В марте 2009 г. военную службу на должностях солдат и сержантов женщины проходили по следующим специальностям: медицинским – 28 % от общего количества всех женщин-офицеров, войскового хозяйства – 25,2 %, связи – 22,3 %, штабным – 15,5 % [5]. По данным Минобороны на 8.03.2010 г., наибольшее число женщин служит в Сухопутных войсках, Военно-воздушных силах и Ракетных войсках стратегического назначения. 38 400 женщин проходят службу по контракту на должностях солдат, матросов, сержантов, старшин: более четверти – по медицинским специальностям, остальные – в войсковом хозяйстве, в связи и на других штабных должностях [4].

По сообщению управления пресс-службы и информации Минобороны Российской Федерации, в Вооруженных силах России в настоящее время только одна женщина-военнослужащая (Е. Князева) имеет воинское звание «генерал-майор», более 1,6 тыс. проходят службу в званиях старшего и младшего офицерского состава, среди которых 15 являются полковниками. Среди офицеров женского пола 60 чел. (1,8 %) имеют высшую оперативно-тактическую военную подготовку, около 900 чел. (31,2 %) имеют полную военно-специальную подготовку и свыше 900 чел. (19 %) получили военную подготовку на военных кафедрах гражданских вузов. Кроме того, более 8,3 тыс. женщин являются прапорщиками и занимают в основном должности в подразделениях связи и материально-технического обеспечения. Из них 1,5 % занимают первичные командные должности, остальная часть задействована в качестве специалистов медицинских и финансовых служб, войск связи и т. д.

Вопросы правового регулирования военно-служебных отношений с участием военнослужащих женского пола были всегда актуальны, поскольку служба женщин регулируется не только военным законодательством, но и другими отраслями права. Прохождение военнослужащими женского пола военной службы наряду с мужчинами обусловлено наличием международных и конституционных норм, а именно Конвенцией о ликвидации всех форм дискриминации в отношении женщин (ст. 2), Международным пактом о политических правах (ст. 3), который не допускает дискриминацию в отношении женщин, и Конституцией РФ (ч. 3, ст. 19). В документах указано, что мужчина и женщина имеют равные права и свободы и равные возможности для их реализации.

В России существуют руководящие документы, регламентирующие порядок привлечения женщин для прохождения военной службы. Для военнослужащих установлена единая система правовой и социальной защиты, а также материального и иных видов обеспечения с учетом занимаемых воинских должностей, присвоенных воинских званий, общей продолжительности военной службы, в том числе и в льготном исчислении, выполняемых задач, условий и порядка прохождения ими военной службы. Однако практическая реализация действующих нормативных актов, регулирующих порядок прохождения военной службы и правовой статус военнослужащих, не отражает специфику прохождения военной службы женщинами-военнослужащими.

Одна из особенностей реализации женщинами воинской обязанности заключается в том, что данная категория граждан может проходить военную службу только по контракту и занимать не все должности. В России женщины могут быть приняты на военную службу только в добровольном порядке (по контракту) в возрасте от 18 до 40 лет при наличии вакантных воинских должностей. Установлен предельный возраст пребывания на военной службе для военнослужащих женского пола. 19 сентября 2014 г. в Государственной Думе был отклонен в первом чтении проект Федерального закона «О внесении изменения в ст. 49 Федерального закона от 28 марта 1998 г. № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе» (действующая редакция от 21.07.2014 г.), касающийся предельного возраста пребывания женщин на военной службе. По сути, этот документ явился реакцией на тенденцию увеличения числа женщин-военнослужащих в Российской Федерации.

Нормы закона, которые раньше касались только мужчин, потеряли свою актуальность, так как был не решен вопрос о предельном возрасте женщины-военнослужащей на военной службе. Статья 49 закона предусматривает, что срок

пребывания мужчин на военной службе зависит от их воинского звания. Чем выше звание, тем дольше срок военной службы. А у женщин срок ограничен 45 годами, поэтому фактически у женщины это предельный возраст, и воинское звание не имеет никакого значения. У мужчин есть возможность получения высших офицерских должностей, а для женщин вероятность получения высших офицерских званий, даже полковника, меньше, что является нарушением ст. 19 Конституции РФ. Возможность перезаключения контракта с женщиной, достигшей 45 лет, еще на 10 лет зависит от ее начальника. В связи с этим не случайно, что почти две трети женщин служат как раз на должностях солдат, матросов, сержантов, старшин.

Следовательно, можно говорить о том, что нет равных возможностей для мужчин и женщин в сфере прохождения военной службы и статуса военнослужащих и их реализации, что говорит о наличии неравного положения, дискриминации по половому признаку, что является *гендерной сегрегацией*. Таким образом, военнослужащие женского пола сосредоточены на обслуживающих должностях и на должностях солдат и сержантов, когда военнослужащие мужского пола – на командных. Это *вертикальная сегрегация*, которая заключается в малодоступном продвижении женщин по одной и той же профессиональной категории. Для описания подобных явлений используется термин «стеклянный потолок», отражающий тот факт, что, несмотря на формально равные возможности для обоих полов, существует множество неформальных барьеров, препятствующих продвижению женщин по ступеням должностной иерархии. Должностная структура военнослужащих может быть представлена в виде пирамиды: чем выше должностная ступень, тем ниже доля женщин в числе занятых. *Горизонтальная сегрегация* выражается в неравномерном распределении мужчин и женщин по профессиям (профессиональная сегрегация). Горизонтальная сегрегация складывается под воздействием многих факторов, в том числе связанных с предпочтительностью различных видов деятельности для мужчин и женщин. Для описания подобных явлений используется термин «стеклянные стены». В результате данной сегрегации работники получают доступ к местам разного качества как по заработкам, так и по условиям труда.

Перечень должностей, замещаемых военнослужащими женского пола, введен в действие приказом министра обороны РФ от 5 февраля 1994 г. № 025 за исключением воинских должностей, подлежащих замещению высшими офицерами, которые определяются Президентом Российской Федерации. Кроме того, замещение должностей военнослужащими женского пола определено Федеральным законом «О воинской обязанности и военной службе» (п. 3 ст. 42).

Перечень наименований штатов воинских частей и учреждений, в которых разрешено прохождение военной службы военнослужащими женского пола, утвержден приказом министра обороны РФ от 16 октября 1998 г. № 461. Следовательно, можно говорить об ограничении права военнослужащих женского пола на выбор военной профессии и рода деятельности, что в том числе делает невозможным получение ряда социальных гарантий и компенсаций, обусловленных спецификой отдельных воинских должностей и соответствующими им особыми функциями и задачами.

Анализ перечня должностей позволяет сделать вывод, что степень предполагаемого участия женщин в жизни и деятельности Вооруженных сил РФ существенно ограничена: замещаться военнослужащими женского пола, согласно их официально-правовому статусу, может только 66 % всех имеющихся должностей офицеров и около 18 % рядового состава с учетом военно-учетной специальности [12].

По мнению многих специалистов, «стеклянный потолок» и «стеклянные стены» в армии по половому признаку будут достаточно устойчивыми. В связи с этим требуется дальнейшее развитие и совершенствование военного законодательства, уточняющего порядок прохождения военной службы женщинами, обсуждается возможность пересмотра особых прав женщин-военнослужащих по примеру ряда зарубежных стран.



В заключение отметим, что социологи предсказывают, что XXI век будет веком женщины. На смену «мужским» ценностям – личный успех, основанный на конкуренции, силовой подход к решению проблем, стремление к риску – придут «женские»: забота об общем благе, мир и процветание.

#### Список литературы

1. Батракова, Л. Г. Гендерная структура занятости в вооруженных силах стран мира / Л. Г. Батракова, Г. Н. Краснова // Ярослав. педагог. вестн. – 2013. – № 2, т. I. – С. 81–85. – (Гуманитарные науки).
2. Батракова, Л. Г. Женщины на военной службе в России: исторический аспект / Л. Г. Батракова, Г. Н. Краснова // Ярослав. педагог. вестн. – 2013. – № 3, т. I. – С. 46–49. – (Гуманитарные науки).
3. Батракова, Л. Г. Подвиг женщин в годы Великой Отечественной войны / Л. Г. Батракова // Военная экономика и финансы. – 2010. – № 1. – С. 13–17.
4. В армии более 1000 старших офицеров – женщины. Новости России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chaspik.spb.ru/russian/v-armii-bolee-1000-starshih-ofitserov-zhenschinyi>. – Дата доступа: 08.03.2010.
5. В России увеличивается количество женщин-военнослужащих. Новости России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amic.ru/news/100804>. – Дата доступа: 05.03.2009.
6. Волкова, Е. Ю. Причины массового патриотизма российских женщин в годы Великой Отечественной войны / Е. Ю. Волкова // Формирование гражданственности и патриотизма в прошлом и настоящем России: материалы Всеросс. науч.-практ. конф., 30 марта 2011 г. – СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2011. – С. 159–162.
7. Демографический прогноз до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/demography](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography). – Дата доступа: 10.05.2010.
8. Женщины на службе Отечеству // Воен. информац. портал Министерства обороны Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mil.by/ru/news/28421>. – Дата доступа: 05.03.2014.
9. Женщины на службе Отечеству // Информац.-аналит. портал BelArmy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belarmy.by/lenta-novostei/zhenshhiny-na-sluzhbe-otechestvu>. – Дата доступа: 03.02.2011.
10. Мезенцева, Е. Б. Гендерная проблематика в основных направлениях экономической мысли / Е. Б. Мезенцева // Теория и методология гедерных исследований: курс лекций / под общ. ред. О. А. Ворониной. – М.: МЦГИ-МВШСЭН-МФФ, 2001. – С. 109–125.
11. Платон, А. Собрание сочинений: в 3 т. – М.: Политиздат, 1971. – Т. 3(1). – С. 451–457.
12. Перечень военно-учетных специальностей, а также профессий, специальностей, при наличии которых граждане женского пола получают военно-учетные специальности и подлежат постановке на воинский учет (в ред. Постановления Правительства РФ от 15.10.2014 г. № 1054): приложение к Постановлению Правительства РФ от 27 нояб. 2006 г. № 719 «Об утверждении положения «О воинском учете» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=169965;fld=134;from=127668-344;rnd=0.23864331716553133>. – Дата доступа: 23.10.2013.
13. Рыков, С. Л. Личностная самореализация военнослужащих-женщин в военно-социальной среде / С. Л. Рыков // Гендерные стереотипы в современной России: материалы интернет-конф., 1 мая – 7 июля 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecsocman.edu.ru/text/16208995>. – Дата доступа: 10.12.2010.
14. Рыков, С. Л. Слабый пол в сильной армии / С. Л. Рыков // Независимое воен. обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nvo.ng.ru/history/2000-03->

03/5\_womeninarms.html. – Дата доступа: 3.03.2000.

15. Савенкова, И. Ю. Красавицы в погонах: место женщин военнослужащих в российской армии / И. Ю. Савенкова // Красная звезда. – 2007. – 20 февр.

16. Сравнительный анализ места и роли женщин в вооруженных силах зарубежных стран // Центр стратегических оценок и прогнозов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.csef.ru/index.php/ru/oborona-i-bezopasnost/project/-/4121-sravnitelnyj-analiz-mesta-i-rol-i-zhenshchin-v-vooruzhennykh-silakh-zarubezhnykh-stran>. – Дата доступа: 24.10.2014.

17. Суркова, И. Ю. Стратегии интеграции женщин в Вооруженные силы: гендерное табу против военной тактики / И. Ю. Суркова // Женщина в Российском обществе. – 2012. – № 4 (65). – С. 3–14.

18. Шаяхметов, Н. Страницы истории. Советские женщины в годы войны // Литератур. Башкорстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://literbash.narod.ru/7/21.htm>. – Дата доступа: 9.04.2010.

---

\*Сведения об авторах:

Батракова Людмила Георгиевна.

Колпакова Анна Григорьевна.

Краснова Галина Николаевна.

Ярославский педагогический университет имени К. Д. Ушинского.

Статья поступила в редакцию 04.11.2014 г.

## УГРОЗА НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПОЗНАНИЯ

УДК 351.86:355

С. В. Верлуп\*

*Обосновываются возможности системных методов исследования для повышения эффективности познания реальной сущности и содержания угрозы национальной безопасности в интересах организации адекватного противодействия.*

*The methods of system research's possibilities are grounded in this article to increase the knowledge effectiveness of real essence and content of national security threat. This was described in order to organize the adequate countermeasures.*

В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь (далее – Концепция) четко определены те фрагменты практики, взаимодействия которых вызывают отношения, требующие обязательного учета и адекватного реагирования: «национальная безопасность» – «угроза национальной безопасности» – «источник угрозы национальной безопасности» [1].

Согласно Концепции *национальная безопасность* – это состояние защищенности национальных интересов Республики Беларусь от внутренних и внешних угроз; *угроза национальной безопасности* – это потенциально или реально существующая возможность нанесения ущерба национальным интересам Республики Беларусь; *источник угрозы национальной безопасности* – это фактор или совокупность факторов, способных при определенных условиях привести к возникновению угрозы национальной безопасности. Поэтому справедливо, что для субъектов органов власти и управления, отвечающих за состояние национальной безопасности, соответствующая сфера общественных отношений требует непрерывного осмысления. Основополагающим аспектом такого осмысления и одновременно его главной целью, по нашему мнению, является решение проблемы получения знаний об источниках угроз национальной безопасности как одно из необходимых условий обеспечения устойчивой жизнедеятельности и прогрессивного развития социальных систем.

**Общая характеристика проблемы и выбор пути решения.** Поведение субъектов социальных отношений, по сути, есть результат выполнения ими соответствующих решений, эффективность которых напрямую зависит от объема знаний, используемых на стадии их подготовки, разработки и обоснования. Поэтому эти знания являются актуальной потребностью и одновременно фактором обеспечения оптимальности принимаемых решений. Указанный аспект показывает закономерность, на основании которой правомерен вывод о том, что эффективность защиты национальных интересов от потенциального или реального ущерба определяется степенью познания угроз как источников и носителей деструктивных воздействий.

Реализация данного подхода требует существенного уточнения качественной характеристики знаний как потребности. При этом принципиально важно, что субъектам управления системы обеспечения национальной безопасности, принимающим решения, нужны не просто знания, а знания, прежде всего, научные<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Под научными знаниями нами понимаются новые результаты познания, которые обладают двумя важнейшими характеристиками: объективной истинностью и логической обоснованностью. Производными от них являются такие качества знаний, как их системность, эссенциальность (раскрытие сущности), предсказательная сила (опережение практики), общезначимость, понятийно-терминологический аппарат. Цель их получения должна проявляться в новизне подлежащих решению задач, в ее когерентности относительно уже добытых знаний (предпосылок исследования), в ее актуальности. Соответственно должен быть научным и путь достижения цели (т.е. метод и сопутствующие ему средства: философские допущения, логические законы, принципы научных теорий и т. п.), который должен обладать такими качествами, как предметность, целесообразность, предельная общность относительно исследуемой области; отвечать критерию рациональности, носящему исторически преходящий характер [2].

Результаты изучения соответствующих источников [3–16] дают основания в качестве теоретической базы (общего метода), обеспечивающей выполнение требования научности исследования данной темы, использовать в комплексе следующие подходы: 1) угрозу национальной безопасности рассматривать как системный объект, что позволяет применять системный метод познания; 2) значительный набор угроз национальной безопасности с точки зрения социальной природы считать результатом человеческой деятельности, что позволяет избрать деятельностный и, учитывая, что это также системный объект, системно-деятельностный методы познания.

Ключевыми единицами обозначенной проблемы, раскрывающими ее исключительную важность и одновременно сложность и противоречия, а также многоуровневый характер, по нашему мнению, являются два следующих аспекта.

Первый, с одной стороны, показывает, что актуальность непрерывного и своевременного осмысления проблематики обеспечения национальной безопасности не требует доказательств; а с другой – несмотря на такую очевидность и общепризнанность этого момента, указанный подход и его возможности практически не отражены в научной литературе. Соответственно, он не используется в исследовательской и практической деятельности сил обеспечения национальной безопасности Республики Беларусь.

При этом необходимо четко понимать следующую специфику современной сути угрозы национальной безопасности. Когда речь идет о субъектах, целенаправленно организующих и осуществляющих политику препятствия процессу реализации и продвижения национальных интересов, позволительно употреблять в данном контексте такие общеизвестные понятия, как «враг», «враждебные силы», «вероятный противник». Считалось, что они характеризовали период противостояния двух политических систем, затем, когда наступил так называемый новый исторический этап – переход от конфронтации к сотрудничеству и партнерству, употреблять их в политическом лексиконе сочли некорректным. Но возникающие при этом противоречия стали именоваться политическими, военными, экономическими и т. п. угрозами национальной безопасности. В указанных условиях необходимо отделять политическое понимание вероятных угроз и противников от сугубо профессионального, прежде всего военного. Иными словами, силы обеспечения национальной безопасности должны учитывать не пропагандистскую риторику, а содержание деятельности субъектов – носителей угроз в указанном значении. Здесь по-прежнему актуален тезис о том, что «...тот, кто знает врага и знает себя, не окажется в опасности и в ста сражениях. Тот, кто не знает врага, но знает себя, будет, то побеждать, то проигрывать. Тот, кто не знает ни врага, ни себя, неизбежно будет разбит в каждом сражении» [17].

Второй аспект выступает теоретико-методическим обоснованием потребности практики в использовании возможностей предлагаемых подходов. Речь идет о том, что для суверенных стран, образовавшихся на постсоветском пространстве, в том числе и Республики Беларусь, складывающаяся обстановка обусловила необходимость введения и активного использования такого сложного понятия, как «новая угроза национальной безопасности». При этом сама сфера обеспечения национальной безопасности в таком понимании и формулировке объективно была и по-прежнему остается для органов власти и государственного управления также новым, самостоятельным приоритетным и основополагающим аспектом функционирования, требующим непрерывного осмысления в целях обеспечения должным современным научно-прикладным материалом.

В то же время актуализирующий признак «новая» в ряде случаев, по нашему мнению, носит больше эмоциональный оттенок и не дает четкого ответа на вопрос о том, в чем же проявляются новизна, неповторимость, отличительные особенности или специфика той или иной угрозы национальной безопасности.

Несомненно, что любой объект в процессе функционирования развивается, т. е. приобретает другие, ранее не присущие ему свойства и качества. Иными словами, он изменяется в самых различных проявлениях. Следовательно, своевременное осмысление и выявление таких аспектов является критически важной не только научной, но и

практической задачей. Поэтому введение в оборот и утверждение того, что какой-то фрагмент практики может быть идентифицирован как «новый», в том числе и угроза национальной безопасности, бесспорно, налагает на исследователей серьезную ответственность. Прежде всего за то, является ли заявленная характеристика действительно новой или это новое, по сути, – «хорошо забытое старое».

Данными обстоятельствами определяются актуальность и цель статьи, а также последовательность осмысления и логика познания рассматриваемой темы.

**Угроза национальной безопасности как системный объект.** Материальный мир есть совокупность объектов, связей и отношений между ними, которые для их познания (исследования) и практического преобразования в нужном для человека направлении рассматриваются в качестве системы. Понятие системы претерпело длительную историческую эволюцию и с середины XX в. становится одним из ключевых философско-методологических, теоретических и специальных понятий, в том числе и в сфере организации управления социальными объектами. На этой базе сформировано и активно используется такое самостоятельное научное направление, как теория систем. Использование выработанных положений в качестве инструмента познания или преобразования объекта, определяемого как система, получило название «системный подход».

Системный подход – это комплексное<sup>1</sup> изучение исследуемого объекта как системы, т. е. как единого целого. Методологическая специфика системного подхода определяется тем, что он ориентирует исследователя на раскрытие целостности объекта и обеспечивающих ее механизмов, на выявление многообразных типов связей сложного объекта и сведение их в единую (системную) теоретическую картину. Выработанные теорией систем научно-прикладные знания и методики носят универсальный характер<sup>2</sup>, в силу чего они пригодны для познания системы любого типа и уровня.

Вышеуказанные положения в полной мере распространяются и на такой фрагмент социальной практики, каким является угроза национальной безопасности, что позволяет рассматривать ее в качестве системного объекта и одновременно относительно самостоятельной единицы познания. Иными словами, абстрактно взятую угрозу национальной безопасности правомерно определять и понимать как систему – определенным образом организованную совокупность конкретных элементов с присущими только этой совокупности свойствами и характером взаимосвязей между ними, образующих качественно иное целое, несводимое без остатка к свойствам отдельных элементов данного целого. Поэтому в содержательном плане угроза национальной безопасности (рассматриваемая уже как системный объект) также представляет собой целостный набор: а) элементов, образующих данную систему; б) взаимодействий между этими элементами; в) изменений системы, возникающих в результате таких взаимодействий. Следовательно, правомерен подход, основанный на том, что, изучив определенность организации соответствующих элементов любой угрозы национальной безопасности и связей между ними, можно выявить и оценить, а значит, и познать ее реальные характеристики.

Для выработки искомых характеристик целесообразно использовать следующий алгоритм, основанный на фундаментальных теоретических положениях системного подхода:

изучение развития исследуемой угрозы как системы (ключевые аспекты генезиса и эволюции угрозы в единстве исторического и логического);

---

<sup>1</sup> Комплекс [от лат. *complexus* – связь, сочетание] – совокупность предметов, действий, явлений, свойств, понятий, образующих одно целое.

<sup>2</sup> Речь идет о том, что эффективность системного подхода обеспечивается использованием проверенных практикой продуктивных научных инструментов, применимых к любым системам или достаточно широким их классам: восхождение от абстрактного к конкретному; единство анализа и синтеза; единство исторического и логического; выявление в объекте разнокачественных связей и их взаимодействия; синтез структурно-функциональных и генетических представлений об объекте и др.

обособление исследуемой угрозы как элемента системы более высокого уровня от окружающей его среды путем выявления особенностей, характеризующих данный объект как самостоятельную целостную систему в конкретно-исторический отрезок времени;

выявление внутренней структуры исследуемой угрозы, ее элементов, модулей<sup>1</sup> как самостоятельных систем и их взаимосвязей;

выделение и углубленное изучение выделенных элементов, составляющих предмет научного или практического исследования и рассматриваемых, в свою очередь, как самостоятельные подсистемы;

исследование взаимосвязи выделенного элемента или модуля с другими элементами угрозы и окружающей среды;

обобщение, синтез полученных результатов познания для решения такой актуальной для организации управления задачи, как прогнозирование состояния угрозы.

Принципиально, что прогнозирование выступает завершающим этапом использования системного подхода. В то же время прогнозирование есть необходимая и неотъемлемая составляющая каждого этапа управленческого процесса. Например, на этапе оценки обстановки системный подход позволяет спрогнозировать состояние угрозы в избираемый период действий; на этапе планирования – определить желаемые результаты в избираемый период с учетом вероятных изменений среды, внешних и внутренних факторов развития; на других этапах управленческого процесса – получить научно обоснованные данные. Напомним, что суть прогнозирования (как вида аналитической деятельности) составляет процесс суждений, аналитических и научных исследований, направленных на выявление тенденций развития обстановки в целом или ее элементов, различных ситуаций для поиска оптимальных путей достижения возникающих в связи с этим целей в новых условиях. При этом данный процесс должен, с одной стороны, быть строго рациональным, а с другой – включать элементы творческого и нестандартного отношения. В этом плане считаем, что на усиление эффективности прогнозирования будут работать следующие приемы, которые в имеющейся литературе практически не отражены.

Первый касается подхода к избранию главного принципа прогнозирования. Речь идет о том, что тенденции развития любого системного объекта, в том числе и угрозы национальной безопасности, могут прогнозироваться на основе анализа текущей обстановки, известных векторов движения и количественно-качественных характеристик, других существующих показателей (индикаторов). Общеизвестно, что это один из реальных, но в то же время не самый эффективный подход к выработке достоверных прогнозных выводов. Поэтому подчеркнем, что более рациональным для познания реальной сущности угрозы национальной безопасности представляется прогнозирование на основе *принципа предупреждающей реакции на негативное вероятностное развитие событий*. Такой подход обеспечивает возможность минимизации ущерба от того, что управленческое решение, принятое на базе полученного прогноза, может быть не в полной мере оптимальным.

Второй прием базируется на понимании сущности угрозы национальной безопасности как системного объекта в конкретной ситуации.

Ситуация – это совокупность событий, обстоятельств, которые развиваются во времени и пространстве, имеют или могут иметь определенные последствия для управляемой системы и вынуждают субъект управления данной системы принимать соответствующие решения. В рассматриваемом контексте это факты, события, происшествия, которые создают условия возникновения угрозы национальной безопасности и требуют принятия соответствующих решений. Иными словами, ситуация как угроза – это определенный пространственный и временной срез обстановки, своего рода ее «молекула»;

---

<sup>1</sup> Модуль [от лат. *modulus* – мера] – название, даваемое какому-либо особо важному коэффициенту или величине (например, модуль упругости). Из перечня дефиниций в данном контексте под понятие модуль подходит следующее определение «отделяемая, относительно самостоятельная часть какой-либо системы, организации, деятельности».

состояние и развитие этих молекул в совокупности и определяют состояние и развитие обстановки, в условиях которой принимается управленческое решение. Отсюда и необходимость развития «ситуационного мышления», т. е. способности соответствующих должностных лиц и сотрудников правильно оценивать ситуацию, возникающую в сфере обеспечения национальной безопасности, и принимать адекватное решение, что является одним из важных условий эффективной организации управления.

Общепризнанной теоретико-методической основой эффективной оценки ситуации, следовательно и ситуации-угрозы национальной безопасности, является закономерность о том, что, несмотря на их многообразие в социальной практике, каждая характеризуется вполне определенным набором (совокупностью) типовых главных критериев. Такие критерии, как элементы и связи между ними, обеспечивают выполнение требования целостности при познании угрозы, а объем их (критериев) информационного «наполнения», оцениваемый через соотношение «реальные данные – необходимые данные», характеризует степень обеспеченности процесса принятия решения информацией, требуемой для разрешения именно данной ситуации. Исходя из этого эффективному решению «конкретной задачи конкретной ситуации», по нашему мнению, способствует рассмотрение теоретической модели главных типовых критериев ситуации-угрозы национальной безопасности в качестве системного объекта:

1. Что возникло как угроза.
2. Где (место возникновения) – участок, направление, определенная территория и т. п.
3. Когда (время возникновения и время получения данных; продолжительность, динамика, темп и скорость развития).
4. Критически важные причины и условия, способствующие возникновению и дальнейшему развитию ситуации.
5. Источник и носитель угрозы (организация, конкретное лицо, процесс и др.).
6. Масштаб (круг подразделений, сотрудников, других лиц, вовлеченных в ситуацию и заинтересованных ее разрешением).
7. Степень важности, сложности, перспективы развития.
8. Суть (ядро) вопроса, требующая принятия решения руководителем, другим должностным лицом.

При разработке модели следует исходить из того, что объективным индикатором состояния ситуации выступает информационная матрица соотношений «знания – незнания», которая может иметь несколько альтернатив, т. е. вариантов (в том числе выработанных и предлагаемых специалистами-экспертами). Поэтому, чтобы избираемый вариант был оптимальным, так как именно он будет выступать основой информационного обеспечения принятия соответствующей ситуации решения, целесообразно использовать следующий проверенный практикой подход. Речь идет о том, что из альтернатив «знаний» должен избираться тот вариант матрицы, которая в единстве обеспечивает максимальное информационное наполнение стадии принятия решения по следующим пяти основополагающим параметрам: *относимость* (прямое отношение имеющихся данных к типу и виду, т. е. «окраске» познаваемой ситуации-угрозы), *важность* (актуальность), *своевременность*, *полнота* и *достоверность*.

По нашему мнению, возможности предлагаемого подхода позволяют наглядно увидеть:

- 1) набор выработанных и теоретически обоснованных главных типовых критериев любой абстрактно взятой ситуации, которые становятся обязательными для проектирования моделей конкретных ситуаций, в данном случае – угрозы национальной безопасности;
- 2) состояние информационного обеспечения ситуации, т. е. противоречия между знаниями, необходимыми для принятия соответствующих решений и реальными – недостающими. Сфера такого незнания определяет набор информационных потребностей, которые одновременно, по сути, становятся единицами анализа, направлениями и задачами,

нацеленными на своевременное и оперативное получение недостающих для разрешения этой ситуации данных.

Следует добавить, что системный подход по своим познавательным установкам имеет много общего со структурно-функциональным анализом. Прежде всего, их связывает способ познания, основанный на расчленении целостного объекта на составные элементы в целях получения новых знаний об этих элементах, обобщении (синтезе) этих знаний и в конечном счете формировании нового качественного целого.

Рассмотренный метод в теории и практике получил название *системный анализ*, который сегодня трактуется в двух значениях: в широком смысле иногда употребляют как синоним системного подхода; в узком смысле – это совокупность методологических средств, используемых для подготовки и принятия решений по сложным и актуальным проблемам социально-общественной практики, как правило, долгосрочного характера, требующим всесторонней оценки и научного обоснования.

В нашем случае привлечение методов системного анализа необходимо, прежде всего, потому, что в процессе принятия решений относительно мер противодействия угрозам национальной безопасности, независимо от их вида, практически всегда приходится осуществлять выбор в условиях неопределенности, которая обусловлена наличием факторов, не поддающихся строгой количественной оценке.

Процедуры и методы системного анализа направлены именно на выдвижение альтернативных вариантов решения проблемы, выявление масштабов неопределенности по каждому из вариантов и сопоставление вариантов по тем или иным критериям эффективности. Актуальными являются главные принципы этого метода, которые в силу своей универсальности обеспечивают эффективное познание данной проблемы:

процесс принятия решений относительно мер противодействия угрозе национальной безопасности должен начинаться с выявления и четкого формулирования конечных целей деятельности ее носителя;

необходимо рассматривать угрозу национальной безопасности как целое, как единую систему и выявлять все последствия и взаимодействия каждого частного решения;

необходимы выявление и анализ возможных альтернативных путей достижения цели деятельности субъекта, осуществляющего противодействие данной угрозе;

цели деятельности и меры, осуществляемые структурными подразделениями данного субъекта, не должны вступать в противоречие (конфликт) с целями его общей деятельности (программа, система мер).

При осмыслении угрозы национальной безопасности как системного объекта рациональным представляется использование в комплексе макро- и микроподходов, описывающих внешние и внутренние взаимодействия данной системы. При *макроподходе* анализируется поведение угрозы-системы как единого целого по отношению к внешней среде, при этом главными факторами являются: а) целевое назначение; б) задачи; в) условия функционирования; г) критерии эффективности; д) задаваемые ограничения на показатели качества функционирования. Этот подход сводится к описанию связи ВХОД-ВЫХОД и не содержит никаких сведений о внутреннем механизме преобразования переменных управления в переменные состояния. *Микроподход* основан на внутреннем комплексном описании угрозы-системы и является противоположным предыдущему. Он определяет содержание самой системы; предметом изучения становятся характеристики взаимодействия системы и ее элементов, а также условия их функционирования.

Системный анализ обеспечивается рядом прикладных математических дисциплин и методов, широко используемых в современном управлении, экономике и промышленности, теоретико-прикладных и конструкторских исследованиях и т. п.; его техническая основа – современные ЭВМ и информационные системы. Это не всегда доступно с точки зрения оперативности применения, требуемых затрат, наличия соответствующих специалистов.

В то же время исполнителям на местах по силам решить возникшую задачу на основании того, что центральной процедурой этого метода является построение обобщенной



модели (или моделей), отображающей все факторы и взаимосвязи реального объекта или ситуации, в данном случае модели угрозы национальной безопасности как системного объекта, которая изучается в целях получения ответов на следующие главные вопросы:

- а) близость результата применения того или иного альтернативного варианта действий к желаемому;
- б) сравнительные затраты ресурсов по каждому из вариантов;
- в) степень чувствительности модели к различным нежелательным внешним воздействиям.

Во всех случаях использование метода системного анализа логически завершается (подкрепляется) *системным синтезом*, под которым понимается совокупность логико-аналитических приемов целенаправленной разработки сложных оптимальных систем посредством систематизации и определения множества альтернативных конкурирующих структур технических и иных средств в целях последующего выбора из их числа наиболее рациональной модели системы при наличии информационной неопределенности.

Даже рамочное рассмотрение данных теоретических аспектов позволяет сделать вывод о том, что продуктивными методами познания реальной сущности угрозы национальной безопасности являются:

системный анализ – позволяет целенаправленно изучить объект как развивающуюся систему в целом и ее структурные элементы в качестве функций вместе со всей совокупностью внешних и внутренних связей; выявить сильные и слабые стороны, а также «узкие места» процесса функционирования данного объекта и на этой основе подготовить соответствующие рекомендации, например комплекс мер (предложений) по определению направлений и задач прогнозирования развития угрозы в условиях информационной неопределенности, др.;

системный синтез – дает возможность упорядочить угрозы-объекты по сходству или различию определенных признаков-критериев, выделяемых на основе установленных причинно-следственных отношений<sup>1</sup>, т. е. систематизировать познаваемые угрозы и на этой основе выработать набор альтернативных противодействующих систем защиты в целях выбора из их числа наиболее оптимального варианта.

Сегодня в управлении активно используется программно-целевой метод, при котором специально для решения важной проблемы, какой является эффективное обеспечение национальной безопасности, составляется программа, формируется организация (орган, подразделение или сеть таких единиц) и выделяются необходимые материальные ресурсы. Ключевым фактором обеспечения эффективности этого метода выступает системный подход (системный анализ), что и обосновывает его научно-теоретическую роль и прикладное значение.

**Угроза национальной безопасности как деятельность.** Большинство факторов, являющихся предпосылками и условиями формирования угроз национальной безопасности, возникают в результате функционирования различных социальных систем, причем созданных сознательно для достижения конкретных целей и решения реальных задач. Например, наращивание военной инфраструктуры вблизи границ Республики Беларусь нарушает существующий баланс сил и средств не в пользу нашей страны, что становится предпосылкой возникновения угрозы национальной безопасности в военной сфере. Иными словами, угрозы национальной безопасности возникают и проявляются как формы активности их источников и носителей, т. е. как следствие и результат осуществляемой ими деятельности. Следовательно, понятие деятельности играет ключевую, методологически центральную роль, поскольку с его помощью дается универсальная характеристика человеческого мира.

---

<sup>1</sup> Исследователю следует отличать систематизацию от классификации, при которой объекты относятся к определенной группе по предварительно заданной схеме.

Исходное содержание теоретического понятия деятельности, естественно, не может не носить философского характера, его нельзя понять и объяснить вне широкого, даже рамочного философско-мировоззренческого контекста, хотя данная категория по-прежнему остается предметом активных научных дискуссий.

Деятельность является одной из основополагающих категорий, в связи с чем знания о ее сущности и содержании носят универсальный характер; такие знания закономерно распространяются и на процесс выявления существа и содержания деятельности, осуществляемой любым абстрактно взятым субъектом. Данное направление находит выражение в использовании теории деятельности, которая и выступает методологической базой этого способа познания (при этом указанная теория в некоторых научных источниках называется деятельностным подходом или деятельностным принципом).

В рассматриваемом контексте для нас важны следующие главные положения.

Во-первых, деятельность рассматривается как система, *обязательными элементами* которой, обеспечивающими ее целостность, являются: объект (предмет) и субъект, цель (желаемый результат) и задачи, требующие решения для ее достижения, формы и методы, силы и средства, конечный (желаемый или реальный) результат. Принципиально, что это тот минимум констант-элементов, без набора которых любая деятельность невозможна по определению; по сути, данные элементы образуют структуру модели деятельности-системы.

Во-вторых, деятельность как процесс имеет соответствующие: а) законы и принципы, регулирующие и отношения между указанными элементами, динамику, статику и ход реализации этих элементов, и саму деятельность в целом; б) функции. Названные компоненты существуют в единстве и являются динамическими и функциональными характеристиками деятельности-системы.

В-третьих, материальной и целеполагающей сущностью деятельности людей, социальных групп и институтов является практика, которая представляет основу освоения и преобразования объективной действительности, развития общества и познания. Как по своему содержанию, так и по способу осуществления практика носит общественный характер и включает: *потребность, цель, мотив, целесообразную деятельность, предмет, средства и результат*; является главным критерием определения истинности деятельности, только она дает фактический материал для теоретического осмысления, определяет строй, объективное содержание и направления мышления человека.

Деятельность человека всегда описывается следующими главными характеристиками: сознательность (ее ключевые составляющие – целеполагание, целесообразность); продуктивность (получение желаемого результата); общественный характер отношения человека к окружающему миру; разделение на такие виды (существующие в тесном единстве и взаимодополнении), как предметно-практическую или предметную (одной из главных составляющих является познавательская деятельность) и духовную; общественную и индивидуальную. Следует добавить, что с начала 70-х гг. XX в. в качестве универсального продуктивного инструмента познания проблем стало объединение системного (рассмотрен выше) и деятельностного метода, получившее название системно-деятельностного подхода. Сегодня такой подход является общепринятым и с его позиций деятельность людей, социальных групп и общественных институтов исходно рассматривается в обязательном единстве: а) как социальная система; б) с точки зрения того, что структура данной системы образована совокупностью сопряженных между собой и динамично развивающихся компонентов: предметного (структурного) – ее подсистем, связей между ними; функционального – внешних и внутренних функции; исторического – генетического и прогностического.

Рассмотренные общепризнанные положения представляют собой универсальные теоретические основы, т. е. закономерно распространяющиеся и на процесс познания деятельности такого системного объекта, каким является любая абстрактно взятая угроза национальной безопасности. Это позволяет сделать обоснованный вывод о том, что на базе системно-деятельностного подхода может быть построена теоретическая модель угрозы национальной безопасности как активно функционирующего (действующего) системного

объекта. Поэтому предлагается, чтобы данная модель включала следующие обязательные элементы-константы (подсистемы) угрозы национальной безопасности:

1. Объект и предмет.
2. Субъект (носитель угрозы).
3. Происхождение (генезис; эволюция) субъекта; идеолого-мировоззренческую базу функционирования (поведения) субъекта (доктрины, концепции, теории, школы, другие основы); этнопсихологические особенности субъекта.
4. Статус субъекта (носителя угрозы) в регламенте общественных отношений (международный, государственный, негосударственный, другой); нормативную правовую базу функционирования.
5. Пространство (регион) деятельности субъекта: исходная – конечная точки; физико-географические особенности пространства.
6. Систему принципов деятельности (общие, особенные).
7. Систему интересов и целей (задач) субъекта.
8. Формы и методы (как системы).
9. Силы и средства (как системы).
10. Организацию деятельности: стратегию деятельности и управления (общая и особенная); организационную структуру и систему управления; руководящее ядро (лидеры); основные виды обеспечения деятельности как подсистемы: финансовое, информационное, кадровое, ресурсное, другие; систему взаимодействия (векторная схема).
11. Тактику деятельности (общая и особенная).
12. Систему союзников (партнеров).
13. Систему противоборствующих субъектов (конкурентов).
14. Систему сильных характеристик (конкурентоспособность).
15. Систему «узких» мест (аспекты уязвимости).
16. Систему количественно-качественных единиц и показателей (индикаторов) результатов деятельности. Основные показатели результатов в избираемый для оценки деятельности период.
17. Прогностические аспекты функционирования (перспективы, тенденции развития).

Структура такой модели будет состоять из набора вышеуказанных обязательных элементов. Каждый из них выступает фундаментом познания, самостоятельной подсистемой, на базе которой исследователь будет анализировать имеющиеся знания, наращивать и углублять их (системный синтез) и одновременно уточнять сферу существующего незнания. При этом важно, чтобы процесс моделирования носил творческий и комплексный характер и осуществлялся с учетом и в обязательном единстве междисциплинарных современных научных знаний. Речь идет о тех теоретико-философских, правовых и организационно-управленческих концептуальных аспектах, которые присутствуют, характеризуют и обеспечивают существование деятельности любой абстрактно взятой социальной системы. Следовательно, такие аспекты должны быть в обязательном порядке учтены в проектируемой модели. Например, носитель угрозы национальной безопасности – это субъект, который руководствуется мировоззренческими основами, выраженными в соответствующих теоретико-прикладных формах знаний, например доктринах, концепциях, религиозных верованиях и догмах, др. С точки зрения теории управления деятельность такого субъекта осуществляется в форме организации, которая, как любая организация, имеет систему и органы управления, руководящее звено, структурные подразделения, стратегию и тактику действий, систему взаимодействия с внешней средой и т. д.

Подчеркнем, что все элементы любой деятельности существуют в единстве, они взаимозависимы и вертикально интегрированы. При этом (что принципиально) каждый из них сам по себе также является самостоятельным и самодостаточным системным объектом, имеющим такой же набор обязательных составляющих, а в теоретическом плане может быть отдельной научной дисциплиной. Поэтому при моделировании элементы выделяются в качестве самостоятельных с известной долей условности.

Принципиальным условием эффективности метода являются обязательность и последовательность наполнения соответствующими знаниями, прежде всего научными, каждого элемента модели угрозы национальной безопасности как деятельности.

**Теоретико-прикладные возможности предлагаемых подходов.** Вырабатываемая модель становится реальным средством своевременного выявления (обнаружения и распознавания) осуществляемой данным субъектом деятельности или, наоборот, бездеятельности. Отсюда обуславливается объективная необходимость использования для этой цели таких категорий, как «признак» и «признак признака», что позволяет включить в модель угрозы-деятельности национальной безопасности такой элемент, как «система признаков». Для субъекта обеспечения национальной безопасности это крайне важно на стадии оценки первичной информации (данных) об исследуемой угрозе-деятельности на предмет определения ее (информации) относимости к сфере компетенции данного субъекта и принятия на этой основе сообразного и адекватного управленческого решения.

Данная модель также позволит своевременно выявить существующие противоречия между объемом имеющихся знаний, необходимых для организации эффективной защиты от угрозы и реальных – недостающих; другие направления познания (информационного обеспечения).

Возможности моделирования угрозы национальной безопасности в методическом плане носят универсальный характер, что может быть продемонстрировано на следующем примере. Так, согласно Концепции под военной угрозой Республике Беларусь, в соответствии с нормами международного права, понимаются действия другого государства (других государств), экстремистских, религиозных, сепаратистских движений, организаций, расположенных на территории другого государства (других государств), указывающие на реальное намерение применить вооруженную силу против Республики Беларусь [1].

Для осмысления и познания данного сложного фрагмента отношений конкретизируем систему понятий, характеризующих содержание сферы угроз военной безопасности Республики Беларусь, что, в свою очередь, способствует структурированию перечня субъектов-носителей на основе четко сформулированных признаков.

Используя вышерассмотренный инструментарий, правомерно сделать следующие выводы:

а) сущностным признаком субъектов, позволяющим отнести их к перечню носителей военной угрозы, является прямое указание, что таковым выступают другое государство (государства), а также экстремистские, религиозные, сепаратистские движения, организации, расположенные на территории другого государства (других государств);

б) признаком признака, позволяющим определить, что функционирование субъектов носит практический характер, становятся их действия, указывающие на реальное намерение применить вооруженную силу против Республики Беларусь.

Таким образом, систему главных угроз военной безопасности, следовательно, объектов, требующих непрерывного мониторинга, анализа и оценки, образуют:

деятельность другого государства (других государств), указывающая на реальное намерение применить вооруженную силу против Республики Беларусь;

деятельность экстремистских движений, организаций, расположенных на территории другого государства (других государств), указывающая на реальное намерение применить вооруженную силу против Республики Беларусь;

деятельность религиозных движений, организаций, расположенных на территории другого государства (других государств), указывающая на реальное намерение применить вооруженную силу против Республики Беларусь;

деятельность сепаратистских движений, организаций, расположенных на территории другого государства (других государств), указывающая на реальное намерение применить вооруженную силу против Республики Беларусь.

Выделенная угроза-деятельность и становится объектом теоретического моделирования, который как система, образован набором указанных выше обязательных элементов, например модель деятельности экстремистской организации как угрозы

национальной безопасности. Аналогичным образом могут быть систематизированы угрозы и в других установленных Концепцией сферах обеспечения национальной безопасности Республики Беларусь.

#### **Выводы и предложения по реализации:**

1. Рассмотренные подходы предлагаются в качестве научно-методического инструмента, продуктивность которого гарантирована их универсальным характером. Независимо от того, какими атрибутами обладает угроза национальной безопасности, она объективно есть системный объект, функционирующий по соответствующим законам; в то же время угроза не может быть без конкретного субъекта, активность которого всегда будет проявляться как деятельность, следовательно, может быть познана на основе системно-деятельностного подхода.

2. Выработанные положения в комплексе с другими результатами исследования дают основания предлагать следующие виды концентрации научных знаний о реальной сущности, состоянии развития и содержании угроз национальной безопасности [16]. Прежде всего, это систематизация в таких формах, как досье, паспорт, формуляр, информационный кадастр или информационная подборка на объект. Взятые в единстве такие формы могут рассматриваться в качестве основы создания новых системных объектов информационно-аналитического обеспечения субъектов национальной безопасности, например с рабочим названием «Номенклатура угроз-деятельностей национальной безопасности» (кстати, это не противоречит методологическим положениям действующей Концепции).

Материалы данной статьи нацелены на повышение эффективности познания угроз любого уровня классификации и на этой базе – совершенствование теоретико-прикладных основ обеспечения национальной безопасности Республики Беларусь. Они также могут использоваться в интересах развития теоретико-методического обеспечения коллективной безопасности Союзного государства, государств – участников единого таможенного пространства ЕврАзЭС и ОДКБ.

#### Список литературы

1. Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь от 9 нояб. 2010 г. № 575 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 1/12080.
2. Берков, В. Ф. Научность как методологическая категория / В. Ф. Берков // Проблемы управления. – 2005. – № 4 (17). – С. 30–38.
3. Об утверждении Военной доктрины Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 3 янв. 2002 г., № 7–3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2002. – № 6 – 2/826.
4. Блауберг, И. В. Целостность и системность / И. В. Блауберг // Ежегодник Академии наук СССР. – М.: Наука, 1977. – С. 5–28.
5. Каган, М. С. Человеческая деятельность (Опыт системного анализа) / М. С. Каган. – М.: Политиздат, 1974.
6. Райсберг, Б. А. Системный подход в перспективном планировании / Б. А. Райсберг, Е. П. Голубков, Л. С. Пекарский. – М.: Экономика, 1975.
7. Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем / А. И. Уемов. – М.: Мысль, 1978.
8. Афанасьев, В. Г. Системность и общество / В. Г. Афанасьев. – М.: 1980.
9. Шептулин, А. П. Диалектический метод познания / А. П. Шептулин. – М.: Политиздат, 1983.
10. Диалектика познания сложных систем / под ред. В. С. Тюхтина. – М.: Мысль, 1988.
11. Хилькевич, А. П. Решение проблем в науке, технике, практической деятельности / А. П. Хилькевич. – М.: Наука, 1999.
12. Война и мир в терминах и определениях / под ред. Д. О. Рогозина. – М.: 2004.

13. Панов, М. Военные конфликты на рубеже 2030 года / М. Панов, В. Маневич // Зарубеж. воен. обозрение. – 2008. – № 1. – С. 3–15.
14. Панов, М. Военные конфликты на рубеже 2030 года / М. Панов, В. Маневич // Зарубеж. воен. обозрение. – 2008. – № 2. – С. 3–14.
15. Комов, С. А. О методологии оценки эффективности информационной борьбы / С. А. Комов // Воен. мысль. – 1997. – № 5. – С. 42–44.
16. Верлуп, С. В. Приграничная военная безопасность Республики Беларусь: общий взгляд на теорию вопроса / С. В. Верлуп // Идеологические аспекты воен. безопасности. – 2013. – № 1. – С. 39–46.
17. Сунь-Цзы. Трактат о военном искусстве / Сунь-Цзы // Искусство войны. – М.: Эксмо; СПб.: Terra fantastica, 2003.

---

\*Сведения об авторе:

Верлуп Сергей Владимирович,  
УО «Военная академия Республики Беларусь».  
Статья поступила в редакцию 17.06.2014 г.

## МЕСТО И РОЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

УДК 355.42

А. А. Евстигнеев\*

*В статье рассматривается место, роль и значение организации и поддержания взаимодействия в ходе подготовки и ведения боевых действий.*

*In article the place, a role and value of the organization and maintenance of interaction is investigated during preparation and conducting joint operations.*

Нет ничего опаснее логически принятого решения – оно порождает иллюзию, что все решено...

*А. Н. Корнилов*

Боевой опыт прошлых войн подтверждает, что тесное и непрерывное взаимодействие войск всегда имело большое значение в достижении целей вооруженной борьбы. Практически ни один крупный бой, сражение или операция не проводились самостоятельно одним видом вооруженных сил или родом войск. По мере развития военного дела взаимодействие наполнялось новым содержанием, расширялись его рамки и объем, возрастала сложность решаемых задач.

В современной войне значение взаимодействия войск резко возросло. Это обусловлено рядом обстоятельств как военно-политического, так и военно-технического характера. Изменение расстановки сил на международной арене, сокращение вооружений, процесс реформирования вооруженных сил, направленный на количественные и качественные изменения в их составе, предопределили необходимость поиска новых направлений в повышении эффективности действий войск.

Возрастание значимости взаимодействия войск привело к необходимости более глубокого исследования его сущности и содержания. Однако анализ имеющихся трудов по данной тематике показал, что в них не все вопросы взаимодействия раскрыты и аргументированы в достаточной мере [4]. Для определения роли и места взаимодействия в процессе управления необходимо определиться в ряде моментов.

Сущность взаимодействия войск заключается в согласованных по задачам, направлениям, рубежам и времени действиях участвующих в операции (бою) различных видов вооруженных сил, родов войск, объединений, соединений, воинских частей и подразделений в интересах достижения общей цели [1]. Здесь необходимо отметить, что не указана возможность многовариантности действий войск исходя из вариантов действий войск противника, и это является довольно значимым элементом взаимодействия, который сам выйдет в последующем на первый план.

Далее целесообразно рассмотреть понятийный аппарат самого управления.

Управление – это процесс целенаправленного воздействия субъекта на объект управления для достижения определенных результатов [8].

Управление войсками (силами) – целенаправленная деятельность командующих (командиров, начальников), должностных лиц штабов, служб и других органов управления по поддержанию постоянной боевой готовности войск (сил), подготовке операций и боевых действий и руководству войсками (силами) при выполнении поставленных задач [2]. Иными словами, управление состоит из трех частей: поддержание объекта управления в определенном состоянии, подготовка объекта к действию и руководство объектом в ходе выполнения поставленных ему задач.

Что означают понятия «поддержание постоянной боевой готовности войск (сил)» и «подготовка операций и боевых действий» известно и не требует дополнений. А что значит понятие «руководство войсками (силами) при выполнении поставленных задач» следует рассмотреть отдельно. В военных энциклопедических словарях «руководство войсками» означает «управление войсками» и получается, что одна треть процесса управления является

равным всему процессу, что образует неясность. Определение «руководство» можно встретить в Руководстве по боевой подготовке в Вооруженных Силах: «руководство боевой подготовкой – целенаправленная деятельность командующих (командиров, начальников, военных комиссаров) и других должностных лиц органов управления по контролю за ходом выполнения планов боевой подготовки, оказанию помощи в организации боевой подготовки, слаживании подразделений, воинских частей, соединений и их органов военного управления, обобщению опыта боевой подготовки и доведению его до личного состава органов военного управления и воинских частей (подразделений), учету проводимых мероприятий по боевой подготовке и отчетности по ним. Целью руководства боевой подготовкой является полное и качественное выполнение ее программ и планов» [5].

Получается, что в ходе процесса руководства субъект управления осуществляет контроль исполнения плана действий, добивается его неукоснительного исполнения, осуществляет всестороннее обеспечение выполнения объектом поставленной задачи (информационное, огневое, финансовое, кадровое, помощь резервами и др.). Это несколько другой подход к процессу управления.

Ключевыми мероприятиями руководства являются: соблюдение плана действий, его регулирование (процесс выравнивания действий различных структур и приведение их к плановому (расчетному)), координация действий (процесс согласования действий различных структур для наиболее эффективного использования их возможностей, избежания помех друг другу), уточнение и помощь.

Обратимся к военным теоретикам. «План операции – утверждал Хельмут Мольтке (Старший), – не может с некоторой уверенностью простираться далее первого столкновения с главной массой неприятеля. Только профан может думать, что весь поход ведется по предначертанному во всех мелочах плану, без отступлений, и что этот первоначальный план может быть выдержан до конца» [9]. Отсюда следует, что план подвержен изменениям и к этому надо быть готовым.

Взаимодействие войск (сил) в операциях организуется, поддерживается и восстанавливается. В соответствии с этим в обязанности командующего и штаба входят функции «организации взаимодействия», «поддержания непрерывного взаимодействия» и «восстановления взаимодействия». Содержание этих понятий находится в тесной диалектической взаимосвязи с общими мероприятиями управления войсками (силами) в ходе подготовки и ведения операции. Кратко рассмотрим их значение.

Под «организацией взаимодействия» понимается комплекс мероприятий, проводимый командующим (командиром), штабом и другими органами управления по согласованию усилий и действий объединений видов ВС, соединений и воинских частей родов войск, специальных войск, других войск и воинских формирований РБ.

Суть термина «поддержание» заключается в следующем: «не дать прекратиться, нарушиться чему-нибудь; оказать помощь, содействие». В современном понимании «поддержание взаимодействия войск (сил) в операции» – это целенаправленное, активное и последовательное проведение всеми органами управления, начиная с командования объединения, соединений и воинских частей, различных мероприятий по координации действий подчиненных, назначенных на усиление и поддержку взаимодействующих войск (сил) в операции.

Основная суть термина «восстановление» состоит в следующем: «привести в прежнее нормальное состояние что-нибудь разрушенное». В полной мере это относится и к взаимодействию войск (сил) в общевойсковой операции. Поэтому под восстановлением взаимодействия целесообразно понимать воссоздание (возобновление) нарушенной в результате противодействия противника согласованности в действиях войск (сил) в ходе операции [3].

Содержание взаимодействия войск (сил) в операции включает в себя ряд частных элементов – единство цели, задач, места, времени и способов действий.

*Согласование действий по целям* организуется и поддерживается в операции



в соответствии с ее общей целью, замыслом, планом, порядком совместных и самостоятельных действий в ходе выполнения поставленных задач с учетом возможностей каждого соединения.

*Согласование действий по задачам* определяет единый порядок применения разнородных сил и средств по одновременному или последовательному отражению вторжения (наступления) или разгрому группировок противника при выполнении каждой задачи.

*Согласование действий по месту* (направлениям, рубежам, районам и объектам) заключается в определении порядка действий войск, сил и средств в интересах группировки войск, действующей на направлении сосредоточения основных усилий (направлении главного удара) и на другом направлении, выхода их на определенный рубеж (в район) при выполнении конкретной задачи.

При согласовании действий по времени устанавливаются сроки одновременных или последовательных действий войск (сил), их группировок и элементов оперативного построения на основании общих сроков выполнения задач, времени начала и окончания операции.

При согласовании действий по способам выполнения поставленных задач определяется порядок действий всех участвующих войск, сил и средств в соответствии со способом действий главной группировки, выполняющей основную задачу, и соединений (частей) первого и второго эшелонов (общевойскового резерва) [4].

И снова почти нет ничего о действиях противника.

Опыт работы управлений объединений при подготовке операции показывает, что наиболее важными мероприятиями организации взаимодействия являются:

1. На первом (подготовительном) этапе работы:

а) определение основных вопросов взаимодействия в ходе принятия решения на операцию. Их содержание включает:

задачи, по которым организуется взаимодействие;

силы и средства, привлекаемые для их выполнения, и кому отводится главная роль;

порядок взаимного обмена оперативными группами и информацией с соседями и объединением ВВС и войск ПВО, соединениями и воинскими частями других войск и способы организации взаимодействия;

б) доведение основных вопросов и указаний командующего объединением по организации взаимодействия до подчиненных при постановке задач войскам;

в) планирование взаимодействия с использованием персональных компьютеров в едином процессе планирования операции.

2 На втором (практическом) этапе работы после объявления решения на операцию командующий объединением отдает указания на планирование и подготовку операции, в том числе на разработку документов для практической работы по организации взаимодействия. В указаниях по организации взаимодействия отражаются:

оперативные задачи, по которым планируется организовать взаимодействие и на что обратить особое внимание при согласовании действий участвующих в их решении войск (сил);

какие данные, документы и средства, обеспечивающие работу по организации взаимодействия, готовит штаб ОК и привлекаемые для работы должностные лица (начальники родов войск, отделов и служб специальных войск, технического обеспечения и тыла);

сроки, формы и методы работы по организации взаимодействия;

перечень должностных лиц, привлекаемых к работе по организации взаимодействия.

Практическая работа по отработке порядка взаимодействия с подчиненными и взаимодействующими войсками (силами) проводится на командном пункте объединения

(с использованием карты, макета местности, слайдов с электронным изображением местности и обстановки) и на местности.

В ходе работы в войсках по практической подготовке операции осуществляется оказание помощи подчиненным в организации взаимодействия.

3. На третьем этапе работы в ходе планирования операции осуществляется детализация основных вопросов взаимодействия. Документы по взаимодействию должны быть взаимоувязаны между собой и составными частями плана операции по принципу «не дублировать друг друга», детализировать порядок ведения операции по целям, задачам, месту, времени, способам совместных и самостоятельных действий войск (сил) с единой системой сигналов боевого управления и взаимодействия [6].

Как показывает опыт НАТО (выдержки из опыта боевого применения 3 мд в Ираке):

штабы боевых соединений и частей осуществляли предварительное планирование боевых действий, вводили определенное временное упреждение для обеспечения возможности повторной оценки общего и частных оперативно-тактических планов действий сил и средств в ходе боевых мероприятий, проверку правильности их составления и доведения до исполнителей;

в ходе последующих этапов планирования, после определения вариантов боевого применения, проводили командно-штабные тренировки органов управления всех уровней управления дивизии по уяснению задач, организации взаимодействия, связи и боевого обеспечения, оценке сил и средств (своих и противника) по каждому варианту действий противника для корректировки и выработки окончательного плана операций [7].

Следовательно, готовить ОВУ и войска к способности действовать по различным вариантам является необходимостью.

В советской и современной военной литературе много уделяется внимания работе командующего в ходе подготовки боевых действий и гораздо меньше подготовке органов управления и войск. При ведении действий, наоборот, речь идет о действиях войск и почти ничего о том, как руководит командир, почему так принято решение, а не иначе, на основе каких данных и расчетов. Опыт оперативной подготовки показывает, что в ходе ведения боевых действий командующие (командиры), скорее, решают вводные по обстановке, а не руководят действиями войск по боевым документам. Если нет контроля над исполнением плана или отсутствует сам уточненный план действий, значит, нет руководства. Следовательно, на любые совместные действия должен быть план.

Необходимо тщательное многовариантное планирование, и начинаться оно должно с практического проведения взаимодействия и продолжаться в виде командно-штабных тренировок ОВУ по каждому варианту действий противника и отработки соответствующих боевых документов, пусть даже предварительных. Возможно, называться это будет предварительным планированием всех последующих этапов операции. С началом боевых действий первой задачей разведки и командующего будет определение этого варианта и правильности принятого решения.

В заключение следует отметить, что если решение на какое-либо действие – это основа управления, то организованное взаимодействие – это основа руководства действиями, способное придать этим действиям плановость, а значит, управляемость, предсказуемость последствий и достижения поставленных задач.

Таким образом, взаимодействие войск (сил) в операции – это согласованные и взаимоувязанные по целям, задачам (объектам), месту, времени, вариантам действий войск противника и способам выполнения поставленных задач объединениями, соединениями и воинскими частями видов ВС, родов войск, специальных войск, других войск и воинских формирований РБ, а также элементов оперативного построения при совместных действиях в интересах достижения целей операции (боевых действий). Практическая работа по организации взаимодействия должна осуществляться как репетиция (проигрывание) всей операции со всеми возможными изменениями, вариантами и обеспечить готовность к плановой работе командующего и ОВУ в любых условиях обстановки. Заканчивать эту

работу командующему целесообразно определением порядка дальнейшей подготовки ОБУ и войск, а также перечнем документов боевого управления.

#### Список литературы

1. Воен. энцикл. словарь. – М: ОНИКС, 2002.
2. О Сборнике основных военных терминов и понятий: приказ начальника Генерального штаба Вооруженных Сил – первого заместителя Министра обороны Респ. Беларусь 11.05.2009 г., № 222.
3. Трушин, В. В. О сущности взаимодействия войск в операции (бою) / В. В. Трушин // Воен. мысль. – 2007. – № 4. – С. 44–49.
4. Микрюков, В. Ю. Теория взаимодействия войск / В. Ю. Микрюков. – М.: Вузовская книга, 2002.
5. Руководство по боевой подготовке в Вооруженных Силах: приказ Министра обороны Респ. Беларусь 22.12.2007 г., № 1075. – 69 с.
6. Пантелеев, П. В. К вопросу организации взаимодействия войск (сил) при подготовке современных операций / П. В. Пантелеев // Воен. мысль. – № 2. – 2006. С. 57–59 .
7. Михайлов, А. Иракский капкан / А. Михайлов. – М.: Яуза: Эксмо, 2004.
8. Корзун, А. Е. Основы теории управления / А. Е. Корзун – Минск: ВА РБ, 2010. – 8 с.
9. Михайлев, С. Н. Подготовка и ведение войн Нового и Новейшего времени / С. Н. Михайлев. – М.: ВИ, 2003.

---

\*Сведения об авторе:

Евстигнеев Алексей Алексеевич.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 15.10.2014 г.

## КАТЕГОРИЯ «СПОСОБ ДЕЙСТВИЙ» СИЛ АВИАЦИИ: СУЩНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

УДК 355.4:355.354

В. Г. Казаков\*

*В статье, опираясь на результаты анализа современного состояния одной из центральных категорий тактики авиации «способ боевых действий», показано, что несмотря на достаточно длительный путь развития, сопровождающийся периодической «проверкой на соответствие» рассматриваемой категории практикой, сохраняется ситуация неоднозначности в понимании ее сути, а следовательно, и нет четкого понимания направлений (путей) дальнейшего совершенствования. Предложена концептуальная схема рассмотрения категории «способ действий», позволяющая рельефно показать место и роль данной категории в процессах организации действий сил авиации, а также показать направление дальнейшего ее совершенствования.*

*According to the results of the analysis of one of the central aviation tactics categories «means of combat actions» current status the article shows that in spite of a long way of development following by repeating “compliance test” of the considered category practice, there remains an ambiguity situation in its content of understanding and it follows that there is no definite understanding in further improvement directions. A conceptual review scheme of «means of actions» category is initiated that allows to show the place and the role of this category in the process of air force action organization as well as to show its further improvement direction.*

Развитие ВВС сопровождалось бурным развитием теории и практики подготовки и ведения боевых действий авиационными формированиями. Данной проблематике еще на заре развития авиации были посвящены работы таких всемирно известных специалистов, как Джулио Дуэ (его работы: «Господство в воздухе», «Вероятные формы будущей войны»), А. Н. Лапчинского («Воздушные силы в бою и операции», «Воздушная армия»), В. А. Трифонова («Контурсы грядущей войны») и многих других. В них были заложены теоретические основы применения авиации, которые впоследствии активно совершенствовались, проверялись практикой в условиях Второй мировой войны и множестве военных конфликтов. Однако столь длительный путь совершенствования теоретических положений применения авиации не обеспечил снятия всех противоречий в их содержании. Это в первую очередь относится к одной из центральных категорий тактики авиации – способу боевых действий. Анализу его современного состояния и демонстрации возможного направления деятельности для получения новых результатов в данной предметной области тактики авиации посвящена предлагаемая статья.

Основой для изложения материала статьи являются результаты ретроспективного анализа развития категории «способ боевых действий», опираясь на которые, можно констатировать, что современное ее определение (представленное в действующем Боевом уставе) не соответствует энциклопедическому, где она определена как «...порядок и приемы применения сил и средств для решения... поставленных задач...» [1].

Данное определение содержится практически во всех военных энциклопедических изданиях последних тридцати лет. При этом данный факт не свидетельствует о полном единодушии между военными специалистами в этом вопросе. Более того, существует мнение, что «...определение способа боевых действий как порядка и приемов действий войск не ориентирует на глубокий анализ (исследование) сути, принципов борьбы с соответствующим противником и реализации боевых возможностей войск...» [2]. При этом в качестве альтернативы предлагается под способом военных (боевых) действий «...понимать специфический путь (образ) решения войсками поставленной задачи с характерными только для него сущностью действий, совокупностью процессов, приемов и правил их применения» [3].

Другим результатом ретроспективного анализа можно считать выявление существующих различий в понимании сути категории «способ действий». Так, в ранних документах (боевых уставах издания до 1964 года включительно) содержание способа действий отождествлялось с содержанием самих действий сил авиации, а в последующем, начиная с 1983 года, в содержании способа действий фиксировались лишь существенные моменты (элементы, приемы), обеспечивающие упорядочение действий сил авиации. Столь полярные точки зрения на рассматриваемую категорию сохраняются на современном этапе и в военном искусстве в целом. Подтверждением этому служат разноплановые взгляды военных специалистов. Так, в одной научной работе говорится, что «способ военных действий... это конкретные физические действия материальных (не идеальных) войск (сил) и средств» [4]. А в другой работе, в противовес этому, не менее уверенно утверждается, что «способы не отождествляются с содержанием действий». Такое понимание сути усугубляется наличием еще более отличной точки зрения, в соответствии с которой способ действий отождествляется с категорией «форма действий»: «поскольку форма есть способ существования предмета, понятия “форма применения войск (сил)” и “способ действий войск (сил)” по своей сути равнозначны» [5].

Уже сам факт многообразия таких направлений говорит о том, что проблема понимания сути категории «способ действий» еще очень далека от разрешения и требует более детального, прежде всего теоретического, рассмотрения названной категории. Для чего обратимся к наиболее общим научным ее определениям, так способ это:

образ действий, прием осуществления чего-нибудь [6];

тот или иной порядок, образ действий, метод исполнения какой-либо работы, достижения какой-нибудь цели [7].

Резюмируя представленные определения и учитывая то обстоятельство, что словари дают определения понятиям в максимально широком диапазоне возможных смыслов, сформулируем рабочую дефиницию для дальнейшего исследования, и будем рассматривать способ действий как категорию тактики авиации, представляющую собой образ предвосхищаемых действий сил авиации для достижения поставленной цели.

В рамках данного определения способ действий выступает, с одной стороны, отображением предвосхищаемых действий сил авиации в некоторой знаковой системе (образом данных действий). С другой стороны, способ действий как знаковая система обеспечивает «материализацию» (выражение) образа выполнения поставленной боевой задачи (БЗ), возникшего (сформировавшегося в сознании) у командира. Обобщение данных утверждений о сути рассматриваемой категории позволяет создать некоторую концептуальную схему ее дальнейшего рассмотрения (рисунок 1).

Исходя из данной концептуальной схемы получим: с одной стороны, способ действий как знаковая система выступает денотатом мысленно предвосхищаемых командиром действий сил авиации (как результат опережающего их отражения) для выполнения поставленной БЗ (рисунок 1, направление 1), с другой – способ действий (знаковая система) коннотирует упорядоченные определенным образом действия сил авиации (в некотором их содержании), обеспечивающие выполнение поставленной БЗ, именно так, как предвидел (предвосхищал) командир (рисунок 1, направление 2).

Такой подход к пониманию сути категории «способ действий» позволяет определить ее как материального посредника между образом предвосхищаемых командиром действий сил авиации (образом, созданным командиром) и самими действиями (рисунок 1, направление 3), т. е. способ действий (элемент II) выступает связующим звеном между сформировавшимся у командира образом (элемент I) и предвосхищаемыми действиями сил авиации в соответствующем упорядоченном содержании (элемент III), транслятором данного виртуального образа.

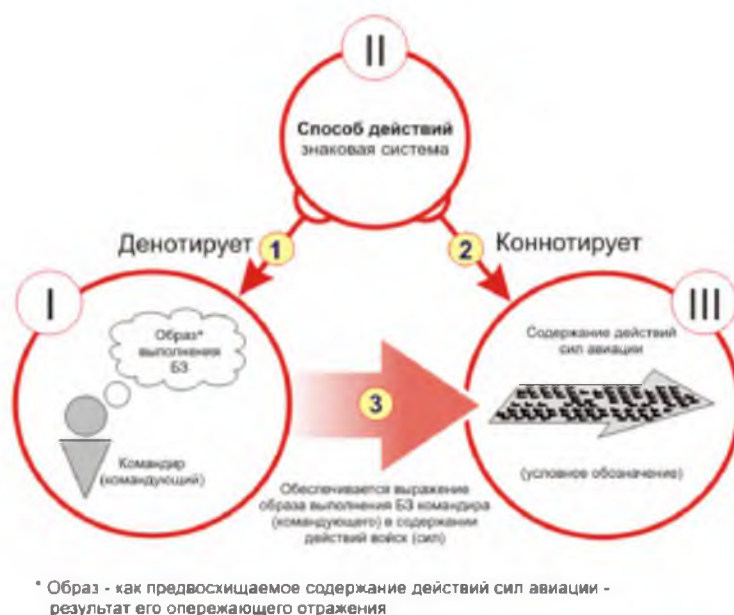


Рисунок 1 – Концептуальная схема рассмотрения категории «способ действий», как знаковой системы

Полученные таким образом три элемента образуют своеобразное триединство – треугольник по определению немецкого логика и математика Готтлоба Фреге [8]. А если так, то к ним могут быть применимы законы семиотики, в соответствии с одним из которых элементы треугольника Фреге могут рассматриваться с позиции любого из представленных элементов, так называемое обобщение путем вращения треугольника Фреге<sup>1</sup>. Учитывая данное обстоятельство, а также природу элементов концептуальной схемы (элемент I – идеален, существует в сознании командира, элементы II и III – материальны, существуют объективно) основное внимание при дальнейшем рассмотрении будет уделено исследованию отношений (связей) между ее II и III элементами (знаковой системой (способом действий) и самими действиями) и выявлению из них существенных (наиболее важных) (рисунок 2).



Рисунок 2 – К пояснению природы элементов концептуальной схемы, взаимосвязи между ними и направления дальнейшего исследования

<sup>1</sup> Использование другого возможного варианта изменения структуры треугольника Фреге – «обобщение путем сближения сторон треугольника» (Степанов Ю.С. Семиотика. М.: Наука, 1971. С. 91), сближением сторон I–II и II–III (рисунок 1), приводит к совмещению элементов II и III, т.е. к отождествлению способа действий с самими действиями, что имело место в ранних изданиях БУ (изданиях до 1964 года). Данное обстоятельство подтверждает правильность выбранного подхода как обладающего большей общностью и объяснительной силой.

Переходя к рассмотрению содержания категории «способ действий», необходимо отметить, что оно представлено в современном энциклопедическом определении рассматриваемой категории, определении традиционно выраженном именно через ее содержание. Напомним, что способ действий – это «...порядок и приемы применения сил и средств для решения... поставленных задач...», иными словами, способ есть упорядоченная совокупность приемов. Анализ такого содержания рассматриваемой категории позволяет выделить в нем два аспекта:

содержательный – представленный совокупностью приемов;

логический – как некоторый порядок (упорядочение во времени и в пространстве) реализации приемов.

Если с логическим аспектом ситуация интуитивно понятна и не требует дополнительных пояснений, то с содержательным аспектом (приемы, их совокупности) ситуация достаточно неопределенная из-за отсутствия в тактике авиации и военном искусстве в целом общепринятого определения понятия «прием». Результаты же рассмотрения общенаучных определений данного понятия в связке с понятием «способ» в различных научных работах приводят к выводу о наличии «логического круга» при их формулировании, т. е. нарушению правил формальной логики [9].

Данные обстоятельства требуют повторного обращения к понятию «прием» и его детального рассмотрения. Для чего выберем из всего многообразия общенаучных определений лишь близкие по сути положения, так «прием» – это:

образ действий при осуществлении чего-либо [10];

способ в осуществлении чего-либо [11];

отдельное движение, действие, являющееся законченным элементом какого-нибудь процесса, деятельности [12].

Обобщая представленные определения с учетом того обстоятельства, что словари дают определения понятиям в максимально широком диапазоне возможных смыслов, можно выделить две принципиально различные дефиниции рассматриваемого понятия:

прием как непосредственные действия – есть составная часть процесса действий по достижению поставленной цели, элемент этого процесса, некоторый частный процесс, характеризующийся своей завершенностью в достижении одной из частных целей;

прием как образ действий – элемент содержания способа действий, образ действий сил авиации в достижении одной из частных целей.

Учитывая при этом то обстоятельство, что речь идет об элементе содержания ранее определенной категории «способ действий», то в качестве рабочей для дальнейшего исследования будем использовать вторую из представленных дефиниций.

При таком определении понятия «способ» и «прием» соотносятся друг с другом как часть и целое. Способ действий при этом отражает в своем содержании весь процесс выполнения силами авиации поставленной боевой задачи (цели действий), а прием – некоторую часть данного процесса, характеризующегося своей завершенностью относительно одной из частных целей (полученной на основе декомпозиции цели действий).

Необходимо подчеркнуть, что существенным моментом в определении понятия «прием» является его завершенность в достижении одной из частных целей. Определение же частных целей, а следовательно и числа приемов, носит субъективный характер и в наиболее общем случае может быть различным. В такой ситуации, осуществляя отражение действий сил авиации в некотором конкретном их содержании в различное число приемов, мы получим различные по объему содержания способы действий. При этом в процессе отображения содержания действий сил авиации в знаковую систему происходит его обобщение с сохранением лишь главного и существенного.

В условиях малого разнообразия содержаний действий (однотипности структуры и вариантов функционирования элементов) достаточными, т. е. обеспечивающими отражение главного, являются способы действий даже с максимальной степенью обобщения содержания. Например, исторически первыми способами действий войск (сил) являлись такие, как рассечение, обход, охват и т. п. Все содержание действий войск (сил) находило свое отражение в одном, но существенном для всего содержания элементе. А категория

«способ действий» употреблялась для «...обозначения какой-либо характерной черты действий войск...» [13]. Причем такое содержание категории «способ действий» являлось достаточным как при упорядочении действий войск (сил) в бою, так и в операциях, т. е. при изменении масштабов действий (изменение численности войск (сил) даже в широком диапазоне) без изменения их разнообразия. В условиях расширения разнообразия содержания действий войск (сил) в вооруженной борьбе (например, с появлением новых образцов вооружений и военной техники) требуется расширение объема содержания знаковой системы (способа действий), что может обеспечиваться за счет снижения степени обобщения содержания действий в процессе отражения. Так, уже для определения способов действий авиации (в период Второй мировой войны) выделялись следующие три элемента:

количество участвующих сил (большими или отдельными группами);  
их дифференциация по времени (в одно время или с различными интервалами по времени);

количество объектов воздействия (по одной или нескольким целям).

Дальнейшее расширение разнообразия содержания действий войск (сил) (для авиации это происходит за счет разнообразия структуры боевой авиационной системы, наделения каждого ее элемента многофункциональностью и др.), привлекаемых для выполнения поставленных БЗ, приводит к необходимости расширения объема содержания знаковой системы (категории «способ действий») для обеспечения сохранения в ней основных элементов и существенных связей отражаемого содержания. На современном этапе для адекватного отображения содержания действий войск (сил) (сохранения главного и существенного) необходимо иметь больший, чем ранее, объем содержания категории «способ действий».

Обобщение рассмотренных положений позволяет сделать ряд выводов:

1. Одно и то же содержание действий сил авиации при выполнении поставленной боевой задачи может быть отражено в способе действий с различными степенями его обобщения.

2. Степень обобщения содержания действий в процессе их отражения определяет объем содержания способа действий при одном и том же объеме содержания действий сил авиации.

3. В процессе отражения содержания действий сил авиации при выполнении боевой задачи в способе действий происходит упрощение исходного содержания, т. е. способ действий выступает гомоморфным образом рассматриваемого содержания, воспроизводящим его лишь в главном и существенном.

4. Степень обобщения содержания в ходе отражения имеет свой необходимый предел, обусловленный тем, что содержание способа действий должно обеспечивать обратное воспроизведение отображенного содержания в действиях сил авиации.

5. Необходимая степень обобщения содержания в процессе отражения определяется разнообразием предвосхищаемого содержания действий сил авиации.

Подводя итог вышеизложенному, можно сказать, что выбранная для рассмотрения категории «способ действий» рефлексивная позиция является конструктивной, так как она обеспечивает возможность получения нового результата и позволяет обозначить направление дальнейшего исследования, которое целесообразно производить в несколько этапов.

*На первом этапе:*

сформировать возможное множество элементов содержания знаковой системы (способа действий);

зафиксировать и описать их соотношение с элементами содержания реальных действий сил авиации;

установить «генетическую зависимость» между элементами знаковой системы.

*На втором этапе:*

сформировать правила образования формальных (типовых) схем (отдельных типовых эпизодов) знаковой системы, соответствующих каждому виду типовых действий в содержаниях реальных действий сил авиации;



систематизировать и классифицировать все существующие и возможные типовые схемы.

*На третьем этапе:*

сформировать правила использования фрагментов (типовых схем) знаковых систем при создании описаний различных сложных процессов (содержаний действий) сил авиации; проанализировать процессы «соотнесения», связанные с каждым из этих описаний; исследовать условия и механизмы комбинирования некоторой совокупности типовых схем в одну.

Деятельность в данном направлении позволит создать целостную семиотическую систему, представленную некоторым алфавитом (множеством элементов), которая может стать теоретической основой для разработки новых, современных способов действий сил авиации (выступить соответствующим инструментарием). Дальнейшее исследование созданной таким образом семиотической системы целесообразно проводить уже в рамках самостоятельной теории.

Таким образом, в статье, опираясь на результаты ретроспективного анализа развития категории «способ боевых действий» и оценки современного состояния, была предпринята попытка определить конструктивную рефлексивную позицию ее рассмотрения. Позицию, позволяющую рельефно продемонстрировать сущность рассматриваемой категории и показать возможное направление деятельности для получения новых результатов в предметной области тактики авиации. Предложенное направление развития, по нашему мнению, обладает высоким потенциалом как в краткосрочной, так и более далекой перспективе.

#### Список литературы

1. Военный энциклопедический словарь. – М.: Воениздат, 2007. – С. 687.
2. Научно-методические положения по применению категорий «формы и способы военных (боевых) действий» в области борьбы с воздушно-космическим противником. – М.: ВА ГШ, 2008. – С. 29.
3. Валеев, М. Г. Методические основы определения способов военных (боевых) действий / М. Г. Валеев, Н. Л. Ромась // Воен. мысль. – 2010. – № 6. – С. 4.
4. Ляпин, В. Р. О формировании способов военных действий / В. Р. Ляпин, В. В. Барвиненко // Воен. мысль. – 2010. – № 10. – С. 10–11.
5. Калашников, В. Н. Логические основы определения форм применения и способов действий группировок войск и сил / В. Н. Калашников // Воен. мысль. – 2010. – № 12. – С. 18.
6. Словарь русского языка: в 4 т. Т. 4. – М.: Русский язык, 1984. – С. 230.
7. Большой толковый словарь русского языка: под ред. Д. Н. Ушакова. – М.: АСТ: Артель, 2004. – С. 1047.
8. Степанов, Ю. С. Семиотика / Ю. С. Степанов. – М.: Наука, 1971. – С. 85.
9. Беднов, Г. П. Некоторые аспекты уточнения понятий военного искусства / Г. П. Беднов, А. В. Лазарев, Г. Е. Москвич // Воен. мысль. – 2007. – № 7. – С. 20.
10. Словарь русского языка: в 4 т. Т. 3. – М.: Русский язык, 1983. – С. 407.
11. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова // – М.: ЭЛПИС, 2003. – С. 590.
12. Большой толковый словарь русского языка: ок. 60 000 слов / под ред. Д. Н. Ушакова. – М.: АСТ: Артель, 2004. – С. 800.
13. Абрамов, В. К. Методологические проблемы развития форм и способов ведения военных действий / В. К. Абрамов. – М.: ВА ГШ, 1980. – С. 13.

\*Сведения об авторах:

Казаков Владимир Геннадьевич.

Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Статья поступила в редакцию 13.06.2014 г.

## О МЕСТЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ЦИВИЛИЗАЦИОННОМ И ГЕОПОЛИТИЧЕСКОМ ПРОТИВОСТОЯНИИ РОССИИ И ЗАПАДА

УДК 316.752.4

Н. В. Карпиленя\*

В нацию входят не только человеческие поколения,  
но и камни церквей, дворцов и усадеб, могильные  
плиты, старые рукописи и книги. И, чтобы уловить  
волю нации, нужно услышать эти камни,  
прочесть истлевшие страницы.

*Н. А. Бердяев*

Цель Европы – подчинение себе славяно-греческого  
православного мира какою бы то ни было ценою.

*Н. Я. Данилевский*

...партия, обращающаяся в ходе внутренней  
борьбы за помощью к иностранной державе,  
виновна в совершении наиболее враждебного  
акта по отношению к своей стране и...  
это преступление достойно наивысшей кары.

*Г. Гегель*

*Данная статья является развитием исследований автора [10–14]. Ее цель состоит в том, чтобы провести анализ развития современного мироустройства с выходом на некое отличное от Запада понимание процессов, протекающих в социальных средах, с учетом собственного исторического развития России-Евразии и Беларуси.*

*This article is an extension of the author's research [10–14]. Its purpose is to analyze the development of the modern world with access to some of the great Western understanding of the processes taking place in social media, taking into account its historical development of Russia-Eurasia and Belarus.*

### Введение

В статье под цивилизацией и геополитикой автором признаются следующие заключения, сделанные российским ученым А. Г. Дугиным [6].

Так, А. Г. Дугин считает, что цивилизация – это объединенная причастностью к одинаковой духовной, исторической, культурной, ментальной и символической традиции (чаще всего религиозной в своих корнях, хотя не обязательно осознаваемой в терминах конкретной религии) коллективная общность, члены которой осознают близость друг к другу, независимо от национальной, клановой, политической и идеологической принадлежности.

Геополитика – комплексный политический, географический, стратегический, социологический, культурологический, экономический подход к интерпретации международных отношений на основе принципиального и неснимаемого цивилизационного дуализма – Суша либо Море, теллутократия либо талассократия [6].

Геополитика, как научная дисциплина, размещаясь на пересечении наук (политология, военная стратегия, экономическая география, социология) и цивилизационных исследований, имеет объект исследования – общество и общественные процессы, а также предмет – более узкую сферу – отношение общества к пространству, что лежит в основе как географических представлений, так и политических систем государств.

Таким образом, геополитика, с одной стороны, изучает цивилизации, культуры и этносы, их социологические признаки и свойства, а с другой – исследует их как политические единицы, т. е. как государства, империи и военно-политические блоки.

С. Хаттингтон в своей знаменитой работе «Столкновение цивилизаций» обосновывает наличие следующих цивилизаций. В качестве бесспорных: западная, православная (евразийская), исламская, индуистская, китайская (конфуцианская), японская. В качестве потенциальных он признает латиноамериканскую, буддийскую, африканскую [18].

В статье предпринята попытка обосновать место Республики Беларусь, исторически находящейся в пограничной зоне географического разлома двух цивилизаций, в непрекращающемся цивилизационном (православная (евразийская) – западная) и геополитическом (Суша – Море) противостоянии России и Запада.

## **1. Краткий религиозно-исторический экскурс в историю Беларуси**

Территория современной Беларуси в составе Древнерусского государства слагалась из земель-княжеств, являющихся органичными составными частями Киевской Руси [9, с. 45]. Их местные особенности были второстепенными и незначительными по сравнению со связывающей их древнерусской общностью. Это были местные особенности внутри целого, и понять их историю в отрыве от истории всей Руси невозможно.

Во второй половине XIII в. начинается история Беларуси с вхождения западнорусских земель в состав Великого княжества Литовского (ВКЛ), в котором русский язык был основным языком великокняжеской канцелярии, так как до XVI в. на литовском языке не существовало письменности [9, с. 68].

До второй половины XVI в. Великое княжество Литовское оставалось позитивным фактором в истории Восточной Европы. Однако уже через 5 лет после того, как литовское войско выступило на помощь Мамаю (опоздав, правда, ко времени сражения на Куликовом поле), польская ориентация аукшайтской знати привела Литву к Кревской (замок Крево вблизи Сморгони на Черной Руси, ныне Гродненская область) унии 1385 г., и вся языческая Литва приняла христианство в его западной, католической форме [9, с. 77]. В результате этой унии политические права получали только феодалы-католики. В итоге Кревской унии две православные страны – Украина (Малороссия) и Беларусь оказались во власти католического государства [9, с. 150].

По Городельской унии 1413 г., заключенной в замке Городля на Западном Буге (сегодня это территория Польши), ВКЛ сохраняло самостоятельную администрацию и широкую автономию в рамках государственного союза двух стран – Польши и Литвы.

Люблинская уния 1569 г. привела к окончательному поглощению ВКЛ Польшей в единой Речи Посполитой. Отныне были один король, один сейм, одни социально-политические порядки и единая польско-литовская шляхта – «единая польская шляхетская нация». Русский (старобелорусский) язык был окончательно вытеснен из государственного обихода и в 1696 г. был запрещен. Хранителем белорусской культуры остались народные массы и православная церковь.

Феодальная вседозволенность образа жизни польской шляхты на фоне абсолютного бесправия «посполитого» люда – простонародья была сильнейшим стимулом, толкавшим Литву в польские объятия.

В результате Брестской религиозной унии 1596 г. на белорусских землях произошло принудительное насаждение униатства. Королевским указом было объявлено, что отныне в Речи Посполитой существуют только католическая и униатская церкви. Первоначально Рим предполагал распространить унию на всю Русь. За выполнение этого плана взялся самозванец из Московской Руси Лжедмитрий I. Борьба вокруг этого события не стихает и сейчас (особенно на Украине).

Дальнейшая история (с 1385 г.) ВКЛ – это история нарастающей национальной дискриминации, католической экспансии и ренегатства социальных верхов Беларуси и самой Литвы, отчаянной борьбы белорусского народа за свою самобытность [9, с. 83].

В результате падения Речи Посполитой, ее трех разделов белорусские земли вновь были включены в состав Российской империи как правопреемницы Киевской Руси.

Фактически до наших дней история Беларуси неразрывно связана с историей Российской империи, СССР, а с 1991 года как самостоятельная история суверенного, унитарного, независимого, демократического, социального, правового государства.

Таким образом, можно с рядом допущений считать, что история Беларуси в цивилизационном плане может быть разделена на историю: с момента крещения Руси князем Владимиром до 1385 г. – православную (евразийскую); с 1385 до 1596 г. – смешанную (для высшего сословия – западная, а для низшего – стремление сохранить православие); с 1596 до 1795 г. – западную; с 1795 по настоящее время – православную (евразийскую).

## **2. Россия и Европа: историко-философские соображения о мире славянском и романо-германском**

«Исторический народ, пока не соберет воедино всех своих частей, всех своих органов, должен считаться политическим калекю» [5, с. 30]. В этом выражении Н. Я. Данилевский придерживался распространенного в XIX в. взгляда об этническом единстве великорусов, украинцев и белорусов, видя в них (включая и население принадлежащих Австрии Галиции и Угорской Руси) представителей единого русского народа [5, с. 30]. *К глубокому сожалению, с распадом СССР не только не успела сформироваться и окрепнуть историческая общность под названием «советский народ», но и не завершилось историческое воссоединение русской нации.*

Вместе с тем сегодня также очевидно, что Европа, даже при включении в Европейский союз ряда славянских государств (кстати, само собирательное самоназвание «славяне» означает «люди слова», в отличие от «немцев» – иноязычных иноплеменников, речь которых была непонятна славянам [9, с. 22]), признает Россию и славянство чем-то для себя чуждым, и не только чуждым, но и враждебным. Королевство Польша, «которая хотя и осталась материально независимой от немецкого владычества, одна из всех славянских стран приняла без борьбы западные религиозные начала и усвоила их себе, а потому и была в течение большей части своей истории не только бесполезным, но и вредным членом славянской семьи, изменившим общим славянским началам, стремившимся распространить насилием и соблазном враждебный славянскому миру католический и шляхетско-аристократический принцип в самую глубь России вплоть до 1612 года» [5, с. 350]. Для беспристрастного наблюдателя это «неотвержимый факт» [5, с. 63]. Как известно, в 1596 г. при поддержке польских магнатов и шляхты удалось расширить католическую экспансию на православный Восток путем заключения Брестской унии, которая ставила своей целью подчинить православную церковь на Украине и Белоруссии папе римскому; плодом церковной унии явилась униатская церковь, действовавшая вразрез с интересами украинского и белорусского народов [5, с. 355]. *Не служат ли причинно-следственные связи и приведенные исторические факты прологом наблюдаемых и переживаемых нами с горечью трагических событий конца 2013 и всего 2014 г. на Украине?*

Принадлежат ли Россия, Украина как единая страна и Беларусь к Европе? И сегодня можно согласиться с великим русским мыслителем XIX в., основоположником учения о цивилизациях Николаем Яковлевичем Данилевским, ответившим на подобный вопрос так: «К сожалению или к удовольствию, к счастью или несчастью, – нет, не принадлежит. Они не питались в большей части своей истории ни одним из тех корней, которыми всасывала Европа как благотворные, так и вредоносные соки непосредственно из почвы ею же разрушенного древнего мира, не питались и теми корнями, которые почерпали пищу из глубины романо-германского духа. Если совсем обобщить – они не причастны ни к

европейскому добру, ни к европейскому злу» [5]. Ни истинная скромность, ни истинная гордость не позволяют (по крайней мере, России) и ныне считаться (тем более в ее усеченном виде) Европой. Только выскочки, не знающие ни скромности, ни благородной гордости, втираются в круг, который считается ими за высший; понимающие же свое достоинство люди остаются в своем кругу, не считая его (ни в каком случае) для себя унижительным, а стараются его облагородить так, чтобы некому и нечему было завидовать [5, с. 70]. Но, может, наши страны принадлежат к Европе по праву усыновления? Но мы не наблюдаем что-то родительских чувств. А возможно ли вообще такое усыновление? Мы ощущаем, что как бы в нас (как в дичку) привит, начиная с Петра Великого, европейский черенок. Но и ныне наши самобытные славянские государства есть препятствие делу европеизма и гуманитарности и, безусловно, когда Запад отчетливо это понимает, ему не остается ничего другого, как ослаблять то народное начало, которое дает силу и крепость всему нашему общественному и политическому организму. В то же время мы видим, что многие земли, присоединенные к России после Петра (большая часть Центральной и Западной Украины), не русеют, несмотря ни на желания правительства достигнуть этого, ни на бесконечно усиливающиеся средства его действовать на народ, между тем как в старину все приобретения без всякого насилия, которое не было ни в духе правительства, ни вообще в духе русского народа, быстро обращались в чисто русские области [5, с. 76].

То, что мы наблюдаем в последние годы в событиях на Украине, в желании проявления политических патриотических чувств части народа западных областей, в мечте о европейских ценностях, можно охарактеризовать как горькое сомнение в самих себе, как сознание жалкого банкротства. Люди как бы говорят себе: мы ничего сами по себе не стоим; в нас надобно вложить силу и вдунуть дух извне, с Запада; нас надо притянуть к нему, насильно в него втиснуть – авось выйдет что-нибудь вылепленное по той форме, которая одна достойна человечества, которая исчерпывает все его содержание.

По-видимому, где-то в тайных кругах созданных Западом многочисленных клубов, стремящихся к мировому господству под покровительством транснациональных корпораций, культивирующих построение однополярного мира с мировым правительством в США, созрели планы дальнейшего ослабления и расчленения России. Очевидно, чтобы вплотную приблизиться к нынешним границам России, планы должны включать логический и последовательный, подчас не осознаваемый отказ граждан Украины и Беларуси от мысли о крепости, цельности и единстве своего государственного организма путем включения в сознание обрусевших белорусов и незалежных украинцев некой исключительности и особенности от русских, своего языкового противопоставления для начала. ***Не окажемся ли мы, белорусы и украинцы, через столетия окраиной западной цивилизации, разговаривающей уже на каком-нибудь польском, английском и немецком языках, превратившись в колонию Запада?*** Нет. Этого не произойдет никогда. Нашим примирением между русским народным чувством, духом и признаваемыми разумом требованиями человеческого преуспеяния и прогресса должно стать понимание нашими народами, что только та деятельность плодотворна, то чувство искренне и сильно, которые не сомневаются в самих себе и считают себя окончательными и вечными.

Вся история доказывает, что цивилизация не передается от одного культурно-исторического типа другому (это третий закон, описанный Н. Я. Данилевским в [5]); но из этого не следует, что цивилизации не воздействуют друг на друга. Самый простейший способ этого распространения есть пересадка с одного места на другое посредством колонизации. Таким образом, финикийцы передали свою цивилизацию Карфагену, греки – Южной Италии и Сицилии, англичане – Северной Америке и Австралии. Другая форма распространения цивилизации есть прививка, и обыкновенно это и понимают под передачей цивилизации. Но прививка еще никогда не приносила пользы тому, к чему прививается, ни в физиологическом, ни в культурно-историческом смысле. ***Потому желаемое присоединение Запада Украины со всей Украиной к западной цивилизации есть бесполезное действие, прежде всего для прививки, и имеет лишь геополитическое объяснение стремлениям***

*США и Запада приблизиться к нынешним границам России для непосредственного влияния на процессы в России, а по сути, продления агонии Запада под названием Модерн.* Такая прививка создает зону непрекращающегося внутрицивилизационного конфликта, нестабильности, хаоса и политического кризиса в самой Украине с ее негативными последствиями для соседей – России и Беларуси, что и является *(по глубокому личному убеждению. – Н.К.)* главной целью проталкиваемых Западом идей демократии, прав человека и других западных клише. В то же время мы видим, что происходящее политическое раздробление внутри Украины, как одного культурно-исторического типа, имеет вредную сторону, состоящую в том, что оно лишает страну политической силы, а следовательно, должной самостоятельности и возможности успешного противостояния внешнему насилию. Всякое же старание во многие века России связать свою историческую жизнь внутренней органической связью с жизнью Европы постоянно вело лишь к пожертвованию самыми существенными интересами России, а для Беларуси это может привести к потере белорусской идентичности и государственности.

Одна из присущих всем народам романо-германского типа (Запада) черт этнографического признака народа, служащего выражением существенной особенности всего психического строя, есть *насильственность, превратившая христианство изначально чистой формы православия в католичество*, вследствие «насильственного характера западного духовенства, видевшего в себе все, а вне себя ничего знать не хотевшего» [5, с. 206]. Вся религиозная история Европы только подтверждает это. Ибо если бы не общий дух насильственности германо-романских народов, откуда взялся бы несвойственный христианству прозелитизм (от греч. *proselytos*, букв.: пришелец, т. е. стремление обратить в свою веру лиц другого вероисповедания), огнем и мечом принуждавший креститься племена Восточной Германии еще при Карле Великом, а при последующих императорах – и северо-западные славянские племена? Откуда эти рыцарские ордена, Тевтонский, Меченосцев, насильственно несшие проповедь Литве, латышам и эстам и закрепостившие имущество и личность этих народов? Откуда навербовала бы Екатерина Медичи убийц в Варфоломеевскую ночь? [5, с. 207]. Главным интересом европейских народов, после того как прошла колониальная горячка, стали вопросы гражданской и политической свободы. И опять насильственность характера проявилась не в меньшей силе, чем в религии, и в колониальной политике. «Насильственность, в свою очередь, есть не что иное, как чрезмерно развитое чувство личности, индивидуальности, по которому человек, им обладающий, ставит свой образ мыслей, свой интерес так высоко, что всякий иной образ мыслей, всякий иной интерес необходимо должен ему уступить, волею или неволею, как неравноправный ему. Такой склад ума, чувства и воли ведет в политике и общественной жизни, смотря по обстоятельствам, к аристократизму, к угнетению народностей или к безграничной, ничем не умеряемой свободе, к крайнему политическому дроблению; в религии – к нетерпимости или к отвержению всякого авторитета» [5, с. 201]. *Не поэтому ли сегодня так и не могут «договориться» по основополагающим проблемам жизнеустройства и развития не только Запад и Россия, но и запад и восток Украины?* Сегодня все очевиднее, к сожалению, что этническое население западных областей Украины так и не стало принадлежать к единому русскому народу (по Данилевскому), или народу русского мира.

История славянских народов (за исключением доли польского народа – шляхетства, усвоившего в себе европейскую насильственность через искажение славянского образа, «совершенно отказавшись от него, сделавшись ренегатом славянства во всех отношениях до такой степени, что обращалось в орудие Турции для угнетения славян» [5, с. 211]), показывает, что они избавлены от такой насильственности характера, которую народам романо-германским, при вековой работе цивилизации, удается только перемещать из одной формы деятельности в другую. Русский народ также имел период обширных, отдаленных завоеваний, или, лучше сказать, расселения; эти завоевания производились, как и во времена испанских конкистадоров, почти без участия правительства искателями приключений и даже разбойничьими атаманами. И, однако же, какая разница! Слабые полудикие и совершенно

дикие инородцы не только не были уничтожены, стерты с лица земли, но даже не были лишены своей свободы и собственности, не были обращены победителями в крепостное состояние и сегодня имеют возможность развиваться. Русский народ и ныне отрешается внутренне от того, что подлежит отмене или изменению тогда, когда борьба, происходящая внутри народного сознания, приходит ко времени, чтобы заменить старое новым на деле, и эта замена совершается с изумительной быстротой, без видимой борьбы, к совершенному ошеломлению тех, кто думает, что все должно совершаться по одной мерке, считаемой ими за нормальную. *Именно это и случилось при воссоединении Крыма с Россией и происходит на востоке Украины.*

И в целом, анализируя черты русского народного характера, проявлявшегося при самых важных торжественных мгновениях его жизни, можно вывести заключение, что вообще **не интерес** составляет главную пружину, главную двигательную силу русского народа, а **внутреннее нравственное сознание**, медленно подготавливающееся в нем, когда настает время для его практического обнаружения и осуществления. В русском человеке всегда присутствовал огромный перевес общенародного над элементом личным, индивидуальным. «Поэтому-то между тем как англичанин, немец, француз, перестав быть англичанином, немцем или французом, сохраняет довольно нравственных начал, чтобы оставаться еще замечательной личностью в том или другом отношении, русский, перестав быть русским, обращается в ничто – в негодную тряпку...» [5, с. 222].

Выйдя из единого христианства, нынешняя европейская цивилизация, превратившаяся на западной почве в протестантство и католичество, по-прежнему тщится заменить христианство рационализмом, более или менее радикальным, в области убеждения, а в области практической старается устранить противоречие разрывом между государством и церковью, т. е. между телом и духом, другими словами, хочет излечить свою болезнь смертью. Но, продвигая свои «идеалы» рационализма далее на Восток, она, по сути, присущую именно своей цивилизации болезнь желает, осознанно или нет, распространить и на другие, что может привести к болезни и смерти всей человеческой цивилизации.

Вовлечение США, Европейским союзом Украины (целиком, а значит, совершенно различных ее культурно-исторических частей) в ЕС не может не привести ее восточные, центральные, южные части к описанному выше сценарию – излечить себя (западную Украину) на практике же смертью всей остальной Украины. Запад (США, ЕС) продляет свою агонию последних стадий распространения раковых клеток включением в свой состав все новых членов в желании сохранить себя за счет нанесения максимального вреда православной христианской цивилизации, и прежде всего Беларуси и России.

В то же время европейничанье – болезнь русской жизни. Как часто мы в предыдущие века, да и в начале нового тысячелетия, вместо одобрения народной совести, признавали нравственным двигателем наших действий трусливый страх перед приговорами Европы, униительно-тщеславное удовольствие от ее похвал. Европейничаньем всегда болели Польша и Литва, а в настоящее время эта болезнь превратившись в «мечту» правящей элиты Украины, ведет весь соблазненный народ к катастрофе, порабощению США и ведущими странами Европы. Искажение русской жизни вследствие изменения форм быта, начатое Петром Великим, продолжается ныне на Украине уничтожением собственного народа. Некогда единый русский народ все больше раскалывается на два слоя. Низший слой все еще остается русским, высший, отличающийся по иностранному образованию, богатству, общественному положению, сделался европейским – европейским до неотличительности. Поэтому в понятии народа невольно складывается представление, что свое русское (белорусское, украинское) есть (по самому своему существу) нечто худшее, низшее. А соблазненный (с применением массовой манипуляции) народ (его низшие слои) Украины, используя националистическую, а по сути, фашистскую идеологию, вообще перестал ощущать реальность и превращается в средство, способное направить всю свою темную энергию против народов русского же мира, т. е. против всей совместной истории.

К нашему счастью, духовное и политическое здоровье характеризует в целом народы, проживающие на территориях Беларуси и России, между тем как «Европа – в духовном отношении – изжила уже то узкое религиозное понятие, которым она заменила вселенскую истину и достигла геркулесовых столбов, откуда или надо пуститься в безбрежный океан отрицания и сомнения, или возвратиться к светоносному Востоку; в политическом же отношении – дошла до непримиримого противоречия между требованиями выработанной всею ее жизнью личной свободы и сохраняющим на себе печать завоевания распределением собственности» [5, с. 295].

Существенная разница – разница типическая между миром германо-романским, или европейским (к которому можно отнести запад Украины), и миром славянским (центр, юго-восток Украины) – заключается еще **в ходе исторического воспитания**, которое получили тот и другой. Какую нынешняя единая унитарная Украина пытается защитить национальную честь и национальную свободу, когда честь и свобода на западе и востоке Украины разные? Это проявляется, прежде всего, в различиях в вероисповедании, героях и др. Сегодня мы, к сожалению, имеем возможность наблюдать угнетение одной части населения другой, исходя из его географического местоположения. Ведь главная цель государства состоит, главным образом, в защите и охране жизни, чести и свободы народной, и так как эта жизнь, честь и свобода у одной **народной личности** может быть только одна, то само собою понятно, справедливо и второе положение, т. е., что одна народность может составлять только одно государство. Для этого должен быть или найден народный компромисс, который не может основываться на навязываемой западом Украины национальной унитарности украинцев (хотя у украинцев запада и востока была совершенно разная историческая жизнь), а должен составлять федерацию, или государство не может существовать единым, так как сегодня не может уже существовать ни одна из «трех форм народных зависимостей, составляющих историческую дисциплину и аскезу народов: рабство, данничество, феодализм» [5, с. 262]. И тогда лучше для всех – если «разойтись» мирно. Если нет желания мирно «разойтись», тогда стоит учесть следующее.

Любому, даже начинающему политологу понятно, что каждое государство проходит следующие четыре стадии (фазы): конституирование, функционирование, развитие, упадок. Украина, безусловно, оказалась в четвертой фазе. Но чтобы начать строить государство вновь, необходимо вернуться именно к первой стадии (фазе) – конституирования на основе общественного консенсуса по базовым вопросам Конституции. Таким вопросом для Украины, история которой во многом совпадает с историей Беларуси, является признание русского языка в качестве второго государственного. Известные политологи признают, что, если треть общества не согласна с некоторым утверждением оставшихся двух третей, нормальное функционирование унитарного государства в будущем просто невозможно. Украине, чтобы остаться в рамках унитарного государства (треть граждан относят себя к русскоязычным), необходимо изучить и принять базовые положения политической системы, к примеру Республики Беларусь, хотя бы такие, как возможность внесения в Конституцию Украины изменений народом на всенародном референдуме, а не одной ветвью власти от имени народа; признание русского языка в качестве второго государственного; двухпалатный парламент с разделением полномочий между законодательной, исполнительной и судебной властями таким образом, чтобы одна ветвь власти не могла «подмять» под себя остальные, чему весь мир стал свидетелем в украинском кризисе; сильная президентская вертикаль власти и др. Уже год как весь мир является невольным свидетелем насильственного насаждения одной частью украинского общества (ее западной части, принадлежащей к западной цивилизации) своих ценностей и интересов другой ее большей части, принадлежащей к православной (евразийской) цивилизации.

И еще некоторые выводы из историко-философских размышлений о мире славянском и романо-германском.

Европа (Запад) во все времена со стальной последовательностью стремилась и будет стремиться, с использованием различных средств, к достижению цели – подчинить себе



славяно-греческий православный мир какой бы то ни было ценой. В качестве объекта подчинения в настоящее время на постсоветском пространстве избрана Украина, а в обозримом будущем будет избрана и Беларусь. Ведь конечная цель Запада – мировое господство после расчленения России.

Всеславянская федерация – вот единственное и разумное движение к миру и процветанию славянских, да и самих западноевропейских государств, так как противостоять соединенной Европе и США может только соединенное славянство. Однако насильственная украинизация всей многонациональной и многоконфессиональной Украины в угоду США и западной цивилизации в целом существенно ослабляет славянство и единый русский мир – русских, белорусов и самих украинцев, ставит под сомнение существование самой Украины. Всеславянская федерация способствовала бы, наконец, и Польше стать по-настоящему свободной и принести огромную пользу общеславянскому делу. Как и во многие предыдущие века, Польша является выразителем интересов цивилизационных противников всеславянского объединения, прежде всего США и Великобритании.

Всеславянский союз имел бы своим результатом не всемирное владычество, а равный и справедливый раздел власти и влияния между Европой (романо-германской), США и Славянством. Всеславянский союз может стать реальностью лишь в результате ослабления влияния США на Европейский союз, что может произойти из-за усиления внутренних противоречий в ведущих западных национальных государствах. Неадекватные действия в украинском кризисе ведущих западных государств по указке США, направленные против России, способны привести к еще большему ухудшению положения самого ЕС, а справившаяся с санкциями Россия, наоборот, сплотит весь свой народ и усилит государство. В любом случае выходит, что рано или поздно, хотим мы или не хотим, но борьба России с Европой (или, по крайней мере, со значительной частью ее) неизбежна из-за свободы и независимости славян, которые ныне в ЕС имеют наихудшее экономическое положение и используются США (ибо идея создания Евросоюза принадлежит именно США [13]) лишь для того, чтобы противостоять России. Движение США и Запада на Восток – к России (включение в НАТО все большего числа государств бывших республик СССР) все больше угрожает национальной безопасности Союзного государства (Россия – Беларусь) и на определенном историческом этапе может стать губительным для народов Беларуси и России. Убедительные примеры из истории XVIII–XXI столетий свидетельствуют о том, что Европа всегда все свои устремления направляла на ослабление России, прежде всего через Украину и Беларусь. Нам необходимо, следовательно, отрешиться от мысли о какой бы то ни было солидарности с европейскими интересами, о какой бы то ни было связи с той или другой политической комбинацией европейских держав, и прежде всего приобрести совершенную свободу действий, полную возможность соединяться с каждым европейским государством (особенно православными) под единственным условием, чтобы такой союз был нам выгоден, невзирая на то, какого политического принципа придерживается в данное время то или другое государство.

На современном этапе развития и построения многополярного мира для укрепления всеславянской цивилизации необходимо последовательное сближение Таможенного, а также Евразийского экономического союза с Турцией. Анализ показывает, что независимость Турции всегда поддерживала Великобритания, которая и ныне (вместе с США) является «самым отъявленным и самым постоянным противником России, с самого окончания наполеоновских войн» [5, с. 494]. Несмотря на это предложение Казахстана по рассмотрению вопроса вступления Турции в Евразийский экономический союз кажется совсем уж не фантастически несбыточным или нежелательным, а налаживание экономического сближения Турции с Россией при объявлении ей санкций со стороны ряда европейских государств являются первыми шагами такого сближения. Дело в том, что в России мирно сосуществуют все религии и наши государства могли бы упрочить мир и стабильность не только на европейском континенте, но и в мире в целом. Да, очевидно, что с таким сближением будет

не вполне согласна Армения, как новый член Евразийского экономического союза. Но поиск компромисса следует продолжать.

Продолжающиеся усилия ведущих западных стран и США по все большему присоединению славянских (в основном православных) государств к Европейскому союзу, реализации своих целей и интересов посредством так называемых «общечеловеческих ценностей» идут единственно на пользу западным (романо-германским) государствам, всегда и во всем враждебным славянству, а главное – России. Политическое могущество славян существенно необходимо для правильного и гармонического течения общечеловеческих дел, только оно и может создать достаточную преграду мировому владычеству, к которому все более и более стремятся (и уже в значительной мере достигли) Европа и США.

### **3. Республика Беларусь и ее соседи в геополитической картине противоборства двух цивилизаций**

Анализ геополитических доктрин государств, способных оказывать существенное влияние на ход исторического процесса в мире в XXI веке, позволяет выделить следующие уровни угроз национальной безопасности Республики Беларусь: глобальный (планетарный); континентальный; региональный; локальный; местный. При этом угрозы национальной безопасности РБ, выявленные на высших уровнях, по мере восхождения к нижним должны наполняться все более конкретным содержанием. Каждый уровень стратификации предполагает выделение соответствующих центров силы, которые, преследуя свои интересы, способны оказывать влияние на характер военно-политической обстановки в мире.

*На глобальном и континентальном уровне национальной безопасности РБ могут возникнуть угрозы из-за неправильного цивилизационного и геополитического самоопределения идентичности сложившейся белорусской нации. Неправильный выбор культурно-мировоззренческого ориентира на Запад (с ценностями индивидуализма и др. [12–14]) вместо России (с ценностями коллективизма и др. [12–14]) нарушит определение стратегии формирования устойчивого развития государства практически во всех сферах национальной безопасности Республики Беларусь.*

Знание исторически сложившихся смыслов, норм и ценностей, выраженных в метафизических и геополитических доктринах государств – мировых лидеров, а также учет жизненно важных потребностей и интересов различных групп и слоев проживающего в них населения дают возможность военно-политическому руководству РБ с высокой достоверностью прогнозировать развитие военно-политической обстановки в мире, производить оценку характера угроз РБ в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе, делать обоснованный выбор рациональных политических решений, обеспечивающих приемлемый уровень национальной безопасности РБ с минимальными экономическими, политическими и духовно-нравственными издержками.

Сделаем попытку провести содержательный анализ угроз РБ на глобальном (планетарном) уровне и далее проведем их уточнение на континентальном и региональном уровнях безопасности.

Анализ содержания геополитических доктрин позволяет сделать вывод, что в основу большинства из них положена концептуальная идея Х. Маккиндера о двух великих планетарных началах мировой истории: талассократии («Морской силы») и теллуократии («Сухопутной силы») [4, с. 155]. Эту центральную идею, хотя в несколько иных терминах, формулируют как представители европейских геополитических школ («Номос Моря» – «Номос Земли», «Левиафан» – «Бегемот» у К. Шмитта), так и представители геополитических школ атлантической ориентации («Франция за Морскую силу» у Видаля де ля Блаша, «торговая цивилизация» – «континентальная масса» у А. Мэхэна, «Атлантический континент» – «Евразийский континент» у Н. Спикмена). Это дает основание при разработке модели планетарных угроз военной безопасности РБ использовать указанный

выше основной постулат геополитической науки о фундаментальном дуализме мировой истории, который утверждает, что развитие человеческой цивилизации есть результат острой и бескомпромиссной борьбы двух великих мировых начал – «Сухопутного могущества» (теллуократии) и «Морского могущества» (талассократии) [4, с. 155].

Государства, идентифицируемые с *первым (теллуократическим)* планетарным началом (историческая Русь, Российская империя, СССР, Россия и целый ряд государств Евразии), характеризуются, например, склонностью к четкой фиксации государственных границ, внутренней потребностью в стабильности и неизменности пространственных форм, «проявленностью» и неизменностью своих убеждений, определенностью качественных характеристик. Их население испытывает потребность в оседлом образе жизни, строгом следовании национальным традициям. Оно консервативно в своих взглядах, склонно к образованию крупных и устойчивых социальных общностей, таких как род, племя, народ, государство, демонстрирует приверженность к твердым этическим нормам, хранит память предков. Члены этих обществ порицают дух индивидуализма и частного предпринимательства; отдают предпочтение общинным формам организации труда и общественной жизни; склоняются к защите слабых и к репрессии в отношении слишком преуспевающих; стремятся к прогнозируемости и четкой ясности в отношении будущего; не терпят противоречивости в фактах истории, религиозны и ортодоксальны в своей вере; по природе оборонительны, самодостаточны, не экспансивны. Основными чертами их характера являются добродушие, неторопливость, интровертность, созерцательность, неприхотливость, упрямство, терпеливость, смирение [4, с. 156; 6–8, 10].

Государства, идентифицируемые со *вторым (талассократическим)* планетарным началом (США, Великобритания, целый ряд западных стран, входящих в НАТО), представляют собой противоположный цивилизационный архетип. Он динамичен, подвижен, ценит инновационные изменения и энергичное развитие, отдает предпочтение «кочевничеству», перемене мест, торговле, обмену, исповедует дух индивидуализма, предпринимательства и пиратства, считает соблюдение этических и юридических норм, особенно в отношении членов иных социальных общностей, для себя необязательным. В психологическом отношении их представители не являются самодостаточными. Они склонны присваивать себе труд других, менее развитых, по их мнению, наций. В случае угрозы их авторитету проявляют истеричные черты; преимущественно экстравертивны; быстро меняют свои внешние культурные признаки, подвержены моде, преклоняемости перед авторитетом, напористы, агрессивны, предпочитают любое действие созерцательности, безапелляционны, прагматичны; любят комфорт, жизненные удобства ставят выше мучительных нравственных исканий; легко сходятся и расходятся с людьми, не очень щепетильны в межличностных связях. Они демонстрируют приверженность лишь к одному типу поведения – к тотальному изменению в интересах достижения целей доминирования и лидерства [4, с. 157; 6–8, 10].

Наконец, государства, которые могут идентифицироваться с *третьей планетарной силой (rimland)* (в особенности страны Северной Африки, Центральной и Юго-Восточной Азии), представляют собой ту часть государств теллуократической ориентации, которая под воздействием сил «Морского могущества» идентифицирует себя с талассократическим началом. В силу этого в зависимости от обстоятельств они демонстрируют непоследовательную, соскальзывающую то к первому, то ко второму архетипическому типу модель поведения [4, с. 157].

В соответствии с планетарной геополитической моделью мира большинством геополитических школ именно Россия (как в прошлом Российская империя, СССР) признается основным выразителем теллуократического начала в мировом историческом процессе, против которого ведет свою непримиримую борьбу его геополитический противник – талассократическое планетарное начало в лице США и Великобритании [4, с. 157].

Следует отметить, что признанная геополитической наукой дихотомия планетарных сил мировой истории достаточно хорошо согласуется с рассмотренным метафизическим дуализмом сил «мира горнего» и сил «мира дольного», вытекающим из синтетической концепции смысла жизни Е. Н. Трубецкого, С. Л. Франка и «социокультурной динамики» П. А. Сорокина. Так, с метафизической точки зрения Россия, как «сердцевина земли» (*Heartland*) с ее православной идентификацией и консервативным домостроительством, основанным на «симфонии церковной и светской власти», является носителем и выразителем на планетарном уровне живой традиции «мира горнего». Поэтому ее историческая миссия связана с «катехоном» – силой, «удерживающей» мир от греховного падения вниз, в вертикальном плане жизни. В свою очередь, государства талассократической направленности (США, Великобритания и ряд других стран Запада), напротив, могут быть с полным основанием отождествлены с планетарными силами «мира дольного», т. е. с проявленной глобальной «посюсторонностью» в «царстве земном» [4, с. 157].

Развивая эту идею, **Россию** (далее Россия рассматривается как правопреемница исторической Руси, Российской империи, СССР), как охранительницу «мира горнего», следует назвать цивилизацией, основанной на любви и испытывающей потребность «**дарить себя миру**». Цивилизацию ее геополитического противника – **атлантический Запад** – цивилизацией, основанной на гордыне и силе, стремящейся к присвоению чужих материальных богатств, т. е. цивилизацией, «**берущей от мира**». Эта аналогия достаточно точно подмечена Е. Н. Трубецким, который на основе сопоставления символов церковной архитектуры убедительно показал принципиальное отличие православного и западного, прежде всего католического, метафизического мироощущения. Так, по мнению Е. Н. Трубецкого, «купол православной церкви – горящая, отдающая космосу свое тепло свеча. Ей противопоставляется шпиль католических храмов, похожий на высасывающий из космоса жизненную энергию пчелиный хоботок» [4, с. 159].

Продолжая развивать идею планетарного дуализма, прослеживая культурно-исторический процесс в неразрывном единстве, можно увидеть, что наибольшей материально-технологической плодovitостью обладает именно переходная «идеалистическая» культурная традиция, которой в истории человечества соответствовала эпоха европейского Возрождения, что наиболее активно процессы идут именно на границе соприкосновения двух великих планетарных начал: Сухопутного, т. е. *идеоционального*, и Морского, т. е. *рационально-чувственного*, культурно-исторических типов. **Республика Беларусь географически находится в пограничной зоне** – полосе, имеющей ненулевой пространственный объем – строго Сухопутной и Морской цивилизации, так как *расположена между в основном православными Россией, Украиной, лютеранско-православно-католической Латвией и католическими Польшей, Литвой, сама являясь в основном православной* [17].

Третью составляющую, так называемую внутреннюю береговую зону (*rimland*), следует сопоставить с *идеалистическим* культурно-историческим типом.

Вместе с тем исторический опыт говорит и о том, что *rimland* не является самостоятельной силой мировой истории. Демонстрируемый им тип идеалистической культуры отражает лишь реальное соотношение уровней влияния идеоционального начала, идущего от *Heartland*, и рационально-чувственного начала, идущего от «внешнего островного полумесяца» *World Island*.

Большинство государств (наших соседей), возникших на постсоветском пространстве после развала «тоталитарного» режима бывшего СССР, в результате проведения крупномасштабных либерально-рыночных реформ оказались в состоянии перманентного хаоса [4, с. 161]. Объяснение этому достаточно простое. Если принять точку зрения, что **характер человека** – это приобретенные им в процессе жизни и закрепленные на бессознательном уровне механизмы психологической защиты, которые доказали свою эффективность как надежное средство социализации – безопасного сосуществования с

внешним миром, то открывается та тайна, которую либо не понимают, либо пытаются скрыть от непосвященных профессиональные политологи [4, с. 162].

**Тоталитаризм, иерархия, консерватизм, репрессия**, которые, как утверждает представитель Запада, органически присущи русской цивилизации, на самом деле есть не что иное, как элементы психологического типа защиты, действующие на уровне коллективного сознания («Эго»), которое в соответствии с теорией З. Фрейда руководствуется исключительно «принципом реальности», **служит целям обуздания своей собственной огромной внутренней бессознательной жизненной энергии («Ид»)**, питающейся безграничными житнетворными пространствами Евразийского континента – ее почвой, растительностью, животным миром, климатом, ландшафтом и т. п. Другими словами, все это – исторически сформировавшийся механизм выживания, использующий репрессию для борьбы с неутомимой, мощной спонтанной бессознательной народной стихией, способной в погоне за удовлетворением своих похотей (согласно З. Фрейду «Ид» руководствуется «принципом удовольствия») уничтожить сам породивший ее источник жизни. *Здесь необходимо вспомнить о характере русского бунта, который, как известно, «бессмыслен и беспощаден». Поэтому тоталитаризм, иерархия, консерватизм – не самый надежный способ укротить позы к ничем не ограниченной, но крайне разрушительной по своим последствиям свободе. Другими словами, невозможно с помощью репрессий постоянно загонять всю эту бездонную силу в приемлемые и безопасные социальные рамки. Но и без присущего проживающим на огромных российских, белорусских, украинских и других просторах коллективистского духа невозможно было выживание наших предков из-за сложности обеспечить себя всем необходимым.*

В этой связи **либерализм, мобильность, изменчивость, демократия, рынок** и другие феномены, присущие западной цивилизации, могут рассматриваться как элементы другого единого защитного механизма, в основе которого лежит не что иное, как страх ее цивилизационного «Эго» перед внутренней бесплодной тоталитарной сущностью и пустотой содержания своего бессознательного «Ид», которое **проявляется в диктатуре мертвящего, прямолинейного, скучного однообразия собственной индивидуальности, своего алчного, животного инстинкта власти над другими народами. На части Евразийского материка, на которой ныне расположены государства Россия, Беларусь и большая часть Украины, в архетипе проживающего многие века народа не было этого алчного животного инстинкта власти над другими народами, что нашло отражение в выборе и принятии нашими предками православной веры, которую так бережно сохраняет и передает из поколения в поколение наш православный народ.**

Таким образом, либерализм для Запада – это своеобразная защитная реакция, попытка «встряхнуться и оживить себя», не дать засохнуть последним росткам тлеющей в нем живой человеческой субъективности. Поэтому «пиратство» цивилизации Моря – это лишь другая форма поддержания собственной жизни, которая обращена не к своим внутренним истокам, а есть попытка простимулировать свой жизненный инстинкт через присвоение чужих, могучих и разнообразных спонтанных импульсов жизненных энергий, идущих от природных, ландшафтных и климатических факторов, питающих жизненные силы цивилизации Суши [4, с. 163].

Все вышеизложенное позволяет понять сущность важнейшего **геополитического парадокса мировой истории: самая свободная по своей внутренней сути спонтанная планетарная сила – цивилизация Суши – выполняет консервативную и репрессивную цивилизационную миссию, связанную с обеспечением эволюционной планетарной наследственности, тогда как тоталитарно-репрессивная по своей сущности талассократическая планетарная сила берет на себя функцию глобальной либеральной эволюционной изменчивости.**

Н. Я. Данилевский считал [5; 4, с. 160], что истинным цивилизационным качеством обладают только те государства, которые не находились длительное время под игом государств, относящихся к другим цивилизационным блокам. Проводя анализ истории

Беларуси, мы можем сделать вывод, что нашей географической обусловленности соответствует динамическая подвижность двух цивилизаций, в интерпретации Маккиндера – как Суша, так и Море [6] (Киевская Русь – ВКЛ – Речь Посполитая – Российская империя – СССР – Беларусь). При этом можно считать, что лишь в период объединения ВКЛ с Польшей в Речь Посполитую мы «вбирали» в себя талассократическую планетарную силу, тогда как в другие периоды нашей истории мы несли в себе в полной мере именно эволюционную планетарную наследственность цивилизации Суши.

Если исходить из того, что любой эволюционный процесс представляет собой единство трех фундаментальных начал – *наследственности, изменчивости и отбора*, становится возможна еще одна, так называемая эволюционная интерпретация исторической миссии каждой из трех планетарных сил.

Согласно эволюционной геополитической концепции на «землю сердцевины» (*Heartland*) падает историческая миссия *наследственности* (катехона – «удерживающего»), на «островной внешней полумесяц» (*World Island*) – историческая миссия *тотальной изменчивости* (все растворяющей водной стихии), на пространство «внутренней береговой зоны» (*rimland*) ложится, соответственно, миссия *отбора*, состоящая в закреплении наиболее жизнеспособных форм социальной жизни как результата происшедшей изменчивости [4, с. 160]. То есть применительно к Республике Беларусь можно в футурологической ретроспективе прогноза говорить о принадлежности ей отбора из двух других планетарных цивилизационных сил (Суши и Моря). Однозначный выбор Республикой Беларусь ценностей цивилизации Моря неминуемо может привести к цивилизационному столкновению Моря и Суши, т. е. коалиции стран атлантистского Запада, возглавляемых США, и коалиции стран, возглавляемых Россией и Китаем (*личное мнение автора. – Н. К.*). Окончательная и полная победа сил талассократии (Моря) над силами теллуократии (Суши) в глобальном масштабе может означать неизбежную смерть всей человеческой цивилизации, в том числе и самого победителя. Ибо в порыве истерии, поиска новых чувственных ощущений и точек приложения своих разрушительных сил победитель неизбежно направит их против себя, что в итоге завершится общепланетарным цивилизационным самоубийством. И, наоборот, полная победа теллуократического (сухопутного) начала будет означать неминуемую гибель мира, но уже от окостенения и стагнации. Избежать «конца истории» и в первом, и во втором случае можно только путем частичной смены победителем своей прежней культурно-исторической ориентации [4, с. 161], а для ***Республики Беларусь – это многовекторность политики и ее многополярное культурно-историческое и экономическое развитие в тесной интеграции с Россией и постепенной консолидации со всеми странами постсоветского геополитического пространства*** [1–3], чтобы вновь не превратиться в «болото», т. е. в географическое пространство *rimland*, полностью находящееся под контролем сил Морского могущества (времена Речи Посполитой с ее частыми разделами соседями с запада и востока). Дело в том, что у «пиратов моря» отношение к пространственным границам имеет чисто потребительский, утилитарный характер. «Пират», если для его жизни возникает какая-либо угроза, способен бросить все награбленное, сесть на корабль и уплыть на свой «безопасный остров» (бросив на произвол судьбы народ Суши – народ РБ).

Расширенное понимание «геополитической границы» находит свое выражение в известной концепции «санитарного кордона», т. е. государств, выполняющих роль геополитических прокладок. Именно эта идея в настоящее время продолжает реализовываться США в стратегии расширения НАТО на Восток [4, с. 171]. Включение в блок НАТО не только бывших членов Варшавского договора, но и ряда стран, входящих не так давно в состав республик СССР, события конца 2013 г. и всего 2014 г. в Украине имеют целью создание не только «санитарного кордона» между РФ и НАТО, но и «санитарного кордона» между США и проявляющими в последнее время свою политическую самостоятельность, стремящимися к политико-экономическому объединению Германией и Францией. В то же время чрезмерная активность на «майдане» в Украине политиков США,

Польши и Литвы, во многих веках проводящих политику Франции и Британии (Великобритании), наглядно продемонстрировала свои цели в общей талассократической политике США и Великобритании в их геополитической борьбе против Германии и России.

Взгляните на географическую карту. Вступление Украины в ЕС, а в последующем по апробированной Западом логике развития и в НАТО поставит Беларусь в положение незавершенного полного охвата. Сегодня лишь Россия и Беларусь в полной мере приняли на себя всю мощь удара ценностей Карфагена (Моря) и изо всех сил пытаются выстоять в жестокой схватке цивилизаций Моря и Суши, отстоять свое историческое название «Москва – Третий Рим», тем самым не допустить уничтожения цивилизации Суши вместе с другими, не западными народами, также имеющими право на собственный путь и прогресс в их понимании собственного исторического развития [10].

Незримая граница распространяющихся по Европе ценностей Моря дошла до рубежей России и Беларуси, найдя слабые места и прорвавшись в Западной Украине, разрушает изнутри единую Украину. Сегодня в России, Беларуси, Украине все больше проявляется «заблудившихся» людей во всех политических хитросплетениях под «невинными», а по сути «воровскими» предложениями и желаниями помощи.

Сегодня и в Беларуси (в действиях ряда оппозиционных сил) очевидны попытки втянуть нас в цивилизационное столкновение на стороне Моря против Суши. Глобализационные притязания атлантической цивилизации интересов «подмяли» под себя весь Запад, страны Прибалтики и с военной машиной НАТО при доминировании США, Великобритании, ФРГ, Франции, воздействуя в политической, экономической, духовной, информационной и иных сферах на национальную безопасность Республики Беларусь, порождают все новые риски, которые, достигая насыщения, способны стать вызовами и превратиться в угрозы национальной безопасности нашему относительно молодому государству, своим существованием обязанному Российской империи и СССР. Это история, а история, как известно, учит и наказывает за незнание уроков. Беларусь географически и геополитически расположена в центре Европы, между ценностями Моря атлантического Запада и ценностями Суши в лице России и Востока в целом. Сегодня цивилизационные границы не статичны (прямо на наших глазах рушится Вестфальская система государств с поглощением их ТНК), но многовекторная, миролюбивая европейская и евразийская внешняя и стабильная социальная внутренняя политика демократического правового государства Республики Беларусь способна и дальше служить делу мира, так как, если мы будем поглощены западными ценностями либерализма и неконтролируемого государством рынка «всех против всех», это станет уже угрозой всей социальной, политической, экономической политике и национальной безопасности РБ, а вслед может сработать, как выпущенная стрела из лука, в сторону самоуничтожения планеты Земля в целом в связи с военным столкновением цивилизаций Суши и Моря, как цивилизаций Рима и Карфагена, в котором неминуемо одержит победу Рим. Но цивилизационного столкновения мы можем не допустить. В этом и состоит геополитическая миссия Республики Беларусь [10].

Совершенно очевидно, что процессы выхода российских регионов из-под юрисдикции России могут стать необратимыми после потери Россией исторической культурной идентичности с народами восточных и центральных районов Украины и Беларуси, чего допустить никак нельзя [10]. Поэтому нам следует осознать, что даже в случае гипотетической окончательной победы Морского могущества (США и Запад) над силами Суши (Россия, Беларусь и их союзники в Евразии) Беларусь никогда не станет полноправным фрагментом Моря. А нашему государству нельзя позволить превратиться в «болото», подконтрольное Морю, так как мы только сухопутная держава, даже из чисто географического расположения в центре Европы. Ибо превращенная в тотальный *rimland* Суша (территория РБ) далее будет превращена Морем в так называемое «болото». Из этого следует, что основной задачей победителя – цивилизации Моря – будет дозированное насыщение Суши (территории РБ) «влагой» и недопущение попыток ни к ее полному «затоплению», ни к ее полному «осушению» [4, с. 168]. **Потеря устойчивого суверенитета**

***Республики Беларусь под воздействием внутренних и внешних угроз неминуемо приведет к потере независимости и поглощению государства соседями с потерей идентичности белорусской нации.***

Надо осознавать, что полное уничтожение своего геополитического противника (России) для сил Моря будет означать не только потерю ими источника своего паразитического существования, но и утрату своего «метафизического зеркала», в котором цивилизация Моря может наслаждаться своим истинным геополитическим «отражением».

На сегодня (и в будущем) особо актуальной становится следующая геополитическая аксиома [10]: кто контролирует Беларусь, *Украину*, тот управляет западной частью «сердечной земли» (*Heartland*); кто управляет западной частью «сердечной земли» (*Heartland*), тот управляет главной западной частью «мирового острова»; ***если Запад будет управлять Республикой Беларусь и единой Украиной (с Крымом), он сможет править миром***, так как цивилизация Суши ***может перестать существовать*** из-за распада самой России. Это значит, что в ближайшие годы судьба цивилизации Суши будет решаться Москвой в Минске и Киеве, а также Астане, Париже, Берлине, Лондоне, Вашингтоне, Стамбуле, Каире и Пекине. *По глубокому личному убеждению автора статьи, все дальнейшие попытки даже обсуждения вопроса «возврата» Крыма кем бы то ни было бесполезны и нанесут лишь вред стороне, мечтающей о таком сценарии. Чтобы вернуть Крым – надо победить Россию. Но ее никто еще не смог завоевать.*

Воссоединение Крыма с Россией нанесло серьезный геостратегический и геополитический ущерб планам США и НАТО в целом по приближению к границам России и давлению на нее, а также способствует укреплению Беларуси и Союзного государства в целом (если рассмотреть в геостратегическом плане).

История показывает, каковы бы ни были разделяющие Европу интересы, все они соединяются в общем враждебном чувстве к России, для чего Европе так необходимо, чтобы на ее стороне оказалась Беларусь. А оказавшись на ее стороне, Беларусь станет легкой жертвой в расширении Польши и исчезновении белорусского этноса. В процессе этой борьбы неминуемо произойдет военное столкновение Запада, США и России, Китая. Сильная и процветающая Республика Беларусь во все последующие века может служить важнейшим фактором мира на европейском континенте и развития самой Европы. Настало время и нам, белорусской нации, в эти самые трудные месяцы и годы для России, руководствуясь исключительно национальными интересами Республики Беларусь, сплотиться с народами Российской Федерации, оказав братскую помощь в сохранении ее духовной и культурной системы ценностей, чтобы не допустить падения ее универсалистских и мессианских чаяний, обесценивания и развенчания всей национальной идеологии, оживлявшей многие поколения русского народа и дававшей силы и энергию для подвигов, созидания, борьбы, преодоления невзгод.

Всем нам и всегда надо помнить слова, которые не однажды произносил Иисус Христос: «Наше предназначение – отдавать себя», которые и ныне несут в себе чрезвычайно важный, святой смысл.

Таким образом, только продолжение следования священным путем в *православной вере*, чрезвычайно почетным, исключительным по важности [15], выбранным в результате тщательного *отбора* на берегу Днепра князем Владимиром, названным в последующем народом Руси Красным Солнышком, и в тесном единстве с другими религиозными конфессиями (всего их 25 на белорусской земле), только самая тесная интеграция в союзе с Россией, только консолидация стран бывшего постсоветского пространства и добрососедство, УМ и ТАЛАНТ ВСЕГО НАРОДА РБ, ВОЛЯ и честность элиты и власти перед многонациональным и многоконфессиональным народами нашей земли и демократические принципы правления унитарным государством при построении истинно социального и правового государства в результате проведения взвешенной многовекторной и многополярной политики – неременный стратегический магистральный путь упрочения идентичности белорусской нации и недопущения превращения ее в «болото», способное



растворить ее в соседях и привести к потере самоидентичности, а значит, сойти с исторического пути. *Заявленная в документах Республики Беларусь позиция, направленная на многовекторность внешней политики, не может существовать вне сильной, единой и независимой России и возможна только в рамках Союзного государства России и Беларуси.*

Другими словами, УМ свободной созидающей творческой личности, ВЕРА народа в незыблемость тысячелетних ценностей своих предков и ВОЛЯ белорусской элиты и власти к гармонизации и балансу отношений личности, общества и государства [1, 2, 3], оплодотворенная ЛЮБОВЬЮ к своей стране, – залог сильной и процветающей Республики Беларусь и развития каждой личности.

Таким образом, нам необходимо соединить личностные интересы (с превалирующими в них индивидуалистическими началами) с развивающимся гражданским обществом множества индивидуалистических начал и коллективными интересами нашего независимого, суверенного государства, что можно осуществить лишь при объединении нации коллективистским духом, т. е. создать «гармоническую симфонию оркестра» личностных и коллективистских ценностей [11–14].

Беларусь – страна в основном православной цивилизации. Только в таком качестве она может сохранить себя на ветрах истории [9, с. 156]. Отношение российской власти со времен вхождения белорусских земель в состав Российской империи всегда определялось теорией триединства русского народа – великорусов, малорусов и белорусов. Белорусов причисляли к господствующей имперской русской нации, и они рассматривались как полноценная ее часть [9, с. 255]. Такое отношение к белорусам в целом в российском народе есть сейчас. Пусть так будет во веки веков.

### Заключение

Причинно-следственные связи геополитических событий противостояния России и Запада после вхождения Крыма в состав Российской Федерации для Республики Беларусь означают проведение выбора, какой в 1380 году делало Великое княжество Литовское на Куликовом поле. Если бы тогда выбор был сделан быть ВКЛ вместе с Дмитрием Донским против завоевателей с востока – была бы совсем другая история. Не поддержать, пусть даже морально, Россию сегодня, – стремящуюся сохранить возможность всех не западных цивилизаций строить свое будущее не по лекалам США и Запада в целом, в условиях ее единичного жесточайшего противостояния всему Западу, стержневую страну православной (евразийской) цивилизации, – автоматически может означать поддержку Запада.

Если Республика Беларусь по каким-либо причинам и складывающимся обстоятельствам отойдет от истории тесной интеграции (с 1795 года) с современной Российской Федерацией – существование самой белорусской нации и самих белорусов будет поставлено под угрозу, что может привести к неминуемому геополитическому военному столкновению России и Запада.

### Список литературы

1. Конституция Республики Беларусь 1994 года (с изменениями и дополнениями, принятыми на республиканских референдумах 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.). – Минск: Амалфея, 2008. – 48 с.
2. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: утв. Указом Президента Респ. Беларусь № 575 от 9 нояб. 2010 г.
3. Об утверждении Основных направлений внутренней и внешней политики Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь от 14 нояб. 2005 г. № 60-3.
4. Безопасность России: геополитические и военно-политические аспекты: учеб. пособие / В. И. Анненков [и др.]. – М.: РУСАВМА, 2006. – 432 с.

5. Данилевский, Н. Я. Россия и Европа. Эпоха столкновения цивилизаций / Н. Я. Данилевский. – М.: Алгоритм, 2014. – 592 с. – (Золотой фонд политической мысли).
6. Дугин, А. Г. Геополитика: учеб. пособие для вузов / А. Г. Дугин. – М.: Акад. проект, Гаудеамус, 2011. – 583 с.
7. Старостин, А. М. Философские инновации: концепция и основные сферы проявлений: моногр. / А. М. Старостин. – Ростов н/Д: СКАГС, 2009. – 564 с.
8. Трубецкой, Н. С. Взгляд на русскую историю не с Запада, а с Востока / Н. С. Трубецкой // Наследие Чингисхана. – М.: Аграф, 1999.
9. Трещенок, Я. И. История Беларуси: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Я. И. Трещенок; науч. ред. М. И. Матюшевская. – 2-е изд. – Могилев: МГУ им. А. А. Кулешова, 2004. – Ч. 1. Досоветский период. – 296 с.: ил., карт.
10. Карпилена, Н. В. Геополитика: борьба за пространство и могущество в Евразии / Н. В. Карпилена // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2013. – № 3. – С. 23–29.
11. Карпилена, Н. В. Духовно-политические основы государственной целостности России: история и современные проблемы построения Евразийского союза / Н. В. Карпилена // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2013. – № 4. – С. 146–153.
12. Карпилена, Н. В. Проект «Духовность Человека» – альтернативная Западу всемирно-историческая модель развития России и государств Евразийского союза / Н. В. Карпилена // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2014. – № 1. – С. 98–108.
13. Карпилена, Н. В. Фундамент могущества государств Евразийского союза – в сплаве приоритетных черт характера личностей общества / Н. В. Карпилена // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2014. – № 2 (43). – С. 202–215.
14. Карпилена, Н. В. Неоевразийство как мировоззрение, планетарный тренд и интеграционный проект: суть нашего времени / Н. В. Карпилена // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2014. – № 3. – С. 139–149.
15. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка: 8000 слов и фразеологических выражений / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова / Рос. АН; Рос. фонд культуры. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: АЗЪ, 1995. – 928 с.
16. Золотая энциклопедия мудрости. – М.: РООССА, 2010.
17. Большой иллюстрированный энциклопедический словарь: пер. с англ. – М.: Астрель: АСТ: Дизайн. Информация. Картография, 2009. – 1020, XVI, [140] с.: ил.
18. Хаттингтон, С. Столкновение цивилизаций / С. Хаттингтон; пер. с англ. Т. Велимеева. – М.: АСТ, 2014. – 571 с.

---

\*Сведения об авторе:

Карпилена Николай Васильевич.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 25.08.2014 г.

**СПОСОБ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ БОЕВЫМИ ДЕЙСТВИЯМИ**

УДК 355.01

А. Н. Кирюшин, В. Г. Казаков\*

*В статье рассмотрены теоретические вопросы формирования способа комплексного управления боевыми действиями как процесса, совмещающего синхронные и согласованные действия способа командного управления (способа выполнения боевой задачи) со способом рефлексивного управления.*

*In article theoretical questions of formation of a way of complex management by operations as process combining the synchronous and coordinated actions of a way of command management (a way of performance of a fighting problem) with way of reflective management are considered.*

Идея управления не только и не столько войсками, сколько операцией (боем), в том числе и противником [1, с. 48], является методологической установкой, в основе которой может быть использована теория рефлексивного управления. Авторами статьи предложено расширить исследовательское поле фактора управления боевыми действиями до комплексного, предполагающего совмещение управления подчиненными воинскими формированиями с созданием реальных возможностей управления силами противника в вооруженном противоборстве тактического уровня за счет использования тех преимуществ, которые дают передовые информационные технологии и методический аппарат рефлексивного управления.

Подобное эвристическое предложение, несмотря на свою перспективность в контексте увеличения, упорядочения и интеграции имитационных, маскировочных, дезинформирующих и демонстрационных актов в современном противоборстве, нуждается в дальнейшей теоретической детализации и структуризации в интересах его использования в деятельности органов управления.

В настоящий момент в процессах организации боевых действий (а точнее, в процессе формирования замысла) присутствует неявное использование элементов рефлексивного управления в контексте мер по обеспечению скрытности как при подготовке, так и выполнении боевой задачи. Между тем гипотезой данной статьи мы полагаем расширение ставших уже недостаточными и ограниченными по своему масштабу и эффективности для современного противоборства тактического уровня мероприятий и действий по обеспечению скрытности до способа рефлексивного управления противником, скоррелированного со способом ведения боевых действий, который в рамках нашего исследования синонимичен термину «способ командного управления». Объединенные и когерентные друг с другом способы командного и рефлексивного управления в контексте комплексного управления боевыми действиями призваны, на наш взгляд, заменить способ выполнения боевой задачи, формируемый в замысле решения на боевые действия.

Аксиоматично, что наиболее разработанным в теоретическом и практическом отношении является командное управление (как управление собственными войсками (силами)), поэтому основные усилия по внедрению фактора комплексного управления боевыми действиями необходимо направить на уточнение и разработку терминологического аппарата и вопросов организации мероприятий рефлексивного управления противником.

Между тем командное управление, обладающее методологическим инструментарием (формы, способы, приемы и т. д.), в контексте теоретических попыток концептуальной репрезентации рефлексивного управления может представлять собой своеобразный прототип для последнего. В таком случае методическому аппарату командного управления должен соответствовать методический аппарат рефлексивного управления, предполагающий априорную корреляцию с первым.

В то же время важнейшим фактором эффективности командных и рефлексивных усилий по комплексному управлению боевыми действиями является объективная оценка их взаимного влияния с учетом когерентного и непротиворечивого совмещения. Поэтому важной вехой воплощения комплексного управления боевыми действиями будет поиск действенных вариантов совмещения и синхронизации способов командного и рефлексивного управления. При этом для решения данной проблемы необходимо учитывать, что оба способа отличаются по специфике и характеру. Так, способ командного управления жестко ориентирован на выполнение боевой задачи, а способ рефлексивного управления – на создание для него благоприятных условий.

Вместе с тем назрела необходимость, опираясь на симулякртивную специфику инструментов рефлексивного управления, проиллюстрировать сопряжение последних с элементами командного управления на временной шкале как на этапе подготовки к выполнению боевой задачи, так и в ходе ее выполнения (рисунок). Предлагается рассмотреть временные и содержательные аспекты данного сопряжения на примере управления при подготовке и выполнении боевых задач авиационными формированиями.

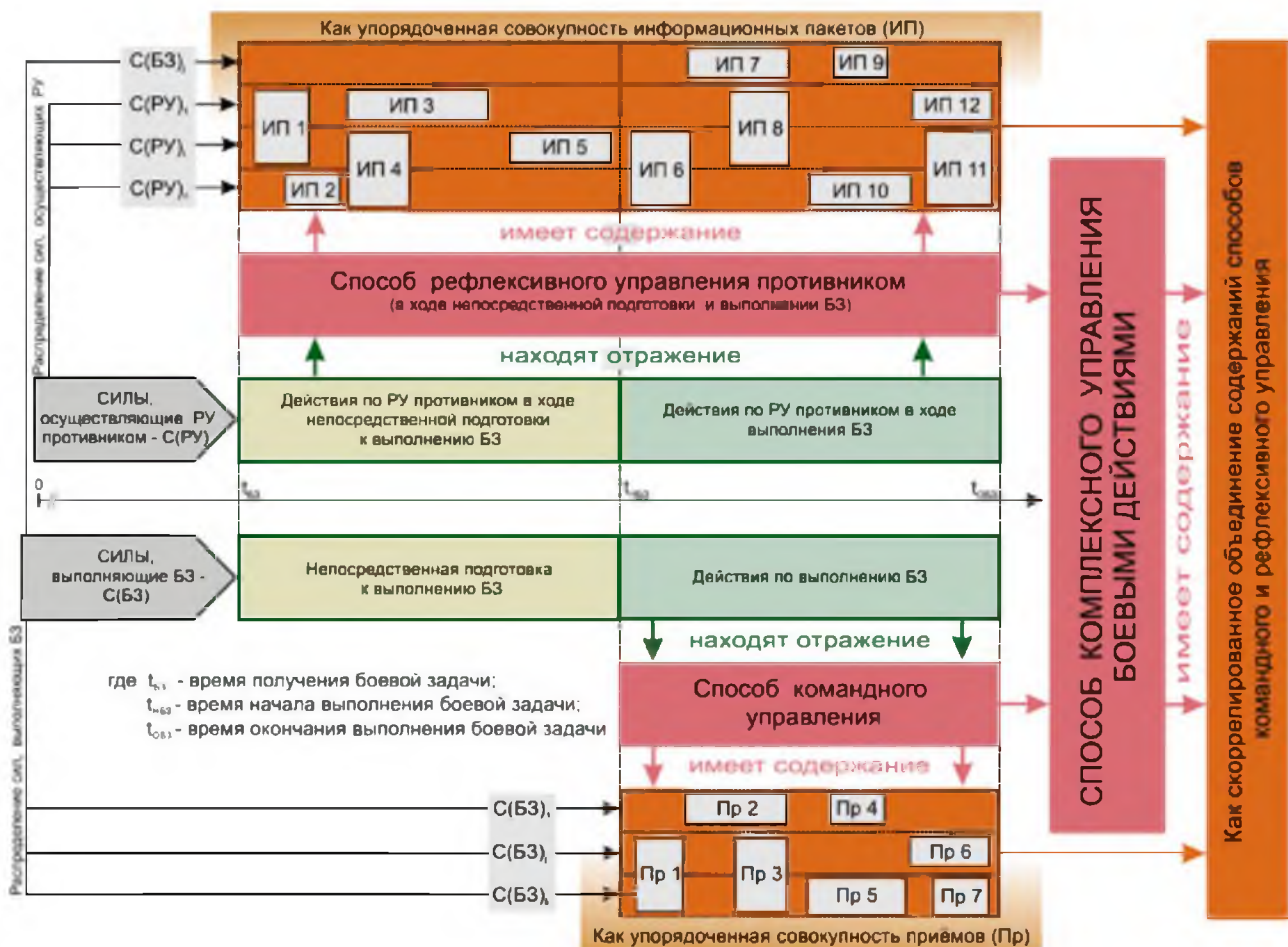


Рисунок – Временные и содержательные аспекты способа комплексного управления боевыми действиями

Мы полагаем, что элементы способа командного управления, как и элементы способа рефлексивного управления, должны формироваться одновременно после получения боевой задачи на этапе формирования замысла, в соответствии с которым на этапе непосредственной подготовки параллельно с осуществлением мероприятий рефлексивного управления противником проводятся действия по подготовке к выполнению боевой задачи в рамках командного управления.

Зная последовательность формирования способа командного управления и учитывая то обстоятельство, что способ рефлексивного управления должен быть ориентирован на создание благоприятных условий, повышающих результативность последующих действий в соответствии с выбранным способом командного управления, и жестко привязан к его основным элементам. В таком случае мероприятия рефлексивного управления противником должны осуществляться как до вылета авиационных формирований на выполнение боевой задачи, так и на всем его протяжении.

При этом реализация способа рефлексивного управления противником на этапах непосредственной подготовки и выполнения боевой задачи осуществляется посредством посылок противнику соответствующих информационных пакетов (*ИП*<sup>1</sup>).

Следует напомнить, что *информационный пакет* в рамках способа рефлексивного управления реализуется через совокупность симулякров, которые воплощаются как в нерепрезентативной форме (*симуляция*<sup>2</sup>), так и в репрезентативной форме (*сокрытие*<sup>3</sup>). Специфика каждого симулякра информационного пакета заключается в его способности быть воспринятым противником с помощью определенных технических средств и способов обработки информации.

Опираясь на тезис о симулякративной сущности основного инструмента рефлексивного управления – информационного пакета, далее можно сформулировать определение способа рефлексивного управления противником.

Под *способом рефлексивного управления противником* мы будем понимать упорядоченную совокупность посылаемых противнику информационных пакетов в целях создания благоприятных условий для выполнения боевой задачи.

Каждый информационный пакет представляет собой комплекс симулякров несуществующей боевой обстановки, актов боевой и повседневной деятельности и (или) симулякров, скрывающих реально существующую боевую обстановку и ее элементы, характеризующие активность наших войск (сил) в процессе боевых действий.

Таким образом, перспективной направленностью в повышении эффективности процесса выполнения боевой задачи мы полагаем уход от постулирования *мер по обеспечению скрытности* в замысле боевых действий к разработке и внедрению *способа комплексного управления боевыми действиями*, который будет обеспечивать согласованность действий сил, выполняющих боевую задачу и осуществляющих рефлексивное управление противником. Причем данная инновация в формировании замысла боевых действий должна осуществляться не разрозненно и эпизодически, как это зачастую воплощается в ходе определения отдельных мер, воспринимаемых как нечто самостоятельное и вынесенное за «скобки» выполнения боевой задачи, а обобщенно и систематизированно, с единых позиций и целевых установок, обусловленных поставленной боевой задачей.

Между тем, осмысляя теоретико-методологические основания рефлексивных механизмов в управлении боевыми действиями в их взаимосвязи с научными дискуссиями,

<sup>1</sup> Информационный пакет – это конкретный прием рефлексивного управления противником, который может представлять собой передачу рисков, мотивирование, передачу уверенности, передачу рефлексивного отображения ситуации, формирование стереотипов, затягивание, рассеяние и т. д.

<sup>2</sup> Под *симуляцией* в общем смысле мы будем понимать завуалированную утечку информации о мнимой активности наших войск, замыслах, запасах вооружения, материальных средств, морально-психологическом состоянии войск и т. д., что не позволило бы противнику предвосхитить и упредить наши действия.

<sup>3</sup> Под *сокрытием* мы будем понимать максимально возможное исключение демаскирующих признаков реального состояния повседневной деятельности, замыслов и подготовки к боевым действиям, запасов вооружения и материальных средств и т. д., что позволило бы противнику адекватно смоделировать хронологию наших действий и добиться превосходства в форме внезапности.

которые отражены на страницах журнала «Военная мысль», необходимо отметить, что предлагаемый подход позволяет снять ряд существующих противоречий благодаря его универсальности.

Дело в том, что отдельные понятия военного искусства («военная хитрость», «обман», «введение в заблуждение», «противодействие разведке», «тактическая и оперативная маскировка» и др.), по поводу уточнения сущности и роли в боевых действиях которых полемизируют ряд уважаемых авторов (В. Н. Каранкевич [2], В. И. Орлянский [3], В. Д. Рябчук [4] и др.), по нашему мнению, являются различными воплощениями факторов рефлексивного управления противником. Так, противодействие разведке, маскировка (по В. И. Орлянскому) или *сокрытие* в контексте теории рефлексивного управления может быть представлено как передача информационных пакетов противнику, содержание которых завуалировало подлинные процессы повседневной и боевой деятельности. Процесс обмана противника (по В. Н. Каранкевичу) как *симуляция* численности, состояния и действий наших сил в таком случае представляет собой совокупность информационных пакетов, где ложное содержание значительно превалирует над истинным. И следовательно, процессы рефлексивного управления обладают большей степенью методологической общности по отношению к общепринятой терминологии теории и практики обмана, маскировки и т. д. и могут быть использованы в существующей полемике как возможный консолидирующий вариант решения.

#### Список литературы

1. Рябчук, В. Д. Еще раз о сущности обмана противника / В. Д. Рябчук // Воен. мысль. – 2008. – № 1. – С. 44–50.
2. Каранкевич, В. Н. Как научиться обманывать противника / В. Н. Каранкевич // Воен. мысль. – 2006. – № 9. – С. 44–58.
3. Орлянский, В. И. Некоторые проблемы теории и практики обмана противника / В. И. Орлянский // Воен. мысль. – 2009. – № 6. – С. 51–59.
4. Рябчук, В. Д. Еще раз о сущности обмана противника / В. Д. Рябчук // Воен. мысль. – 2008. – № 1. – С. 48–54.

---

\*Сведения об авторах

Казаков Владимир Геннадьевич.

Кирюшин Александр Николаевич.

Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина.

Статья поступила в редакцию 13.06.2014 г.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОЙСК В ЦЕЛЯХ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ НЕЗАКОННЫМ ВООРУЖЕННЫМ ФОРМИРОВАНИЯМ

УДК 355.4

С. А. Мещеряков\*

*В статье изложены особенности применения специальных частей внутренних войск при противодействии незаконным вооруженным формированиям.*

*In article features of actions of special parts of internal troops in counteraction to illegal armed groups are stated.*

Незаконные вооруженные формирования (НВФ) – понятие для служебно-боевой деятельности специальных подразделений внутренних войск не новое. Возникновение и становление НВФ как организованной вооруженной силы в разное время всегда свидетельствовало о многовариантности структуры, а опыт действий внутренних войск по уничтожению данных формирований выявлял многие аспекты их тактики.

Так, в апреле 1944 года в преддверии операции «Багратион» нарком НКВД Белорусской ССР С. С. Бельченко получил секретный приказ НКВД СССР № 00388 «Об организации оперативно-чекистских групп НКВД на оккупированной противником территории БССР». Перед ними стояла не совсем обычная задача по выявлению и учету создаваемых немецкими разведывательными органами бандформирований, организаций белорусских и польских националистов. Это не могло не повлиять на эффективность действий войск в период проведения специальных операций по поиску и ликвидации бандформирований на территории Белоруссии в 1944–1946 годах. Только по итогам 1944 года в БССР было ликвидировано 275 антисоветских националистических организаций и бандгрупп, убито 768 участников и пособников, арестовано 3 590 человек. В рамках этой операции специальные части внутренних войск Белорусского военного округа в составе трех дивизий обеспечивали режим военного положения в пунктах дислокации совместно с органами НКВД-НКГБ. Войска участвовали в проведении специальных мероприятий, а также привлекались для проведения войсковых операций по прочесыванию местности, поиску и ликвидации бандформирований различной численности [1]. Результатом проведенных специальных операций явились разгром штабов и крупных бандформирований польского националистического подполья Армии Крайовой.

Дестабилизации обстановки в военное и послевоенное время в БССР способствовали действия заброшенных на территорию республики фашистским командованием диверсионных отрядов, как правило, из отобранных в лагерях военнопленных.

Территория Белоруссии в предвоенное время рассматривалась командованием вермахта в качестве основного театра будущих военных действий, где, как были уверены нацисты, им удастся разбить и уничтожить главные силы Красной армии, тем самым осуществив свой «блицкриг» [2]. Из 232 агентов, задержанных советскими органами в 1940 году, 119 были обезврежены на Минском направлении. И если в первом квартале 1941 года общее количество агентов противника, задержанных органами НКВД, в том числе и при помощи населения, на Киевском и Ленинградском направлении по сравнению с соответствующим периодом 1940 года в среднем выросло в 5 раз, то на Минском направлении – в 12 раз. Именно здесь была развернута самая активная разведывательная и диверсионная деятельность Абвера. Диверсанты переодевались в форму бойцов и командиров Красной армии и имели задачи по разрушению мостов и коммуникаций, дезорганизации снабжения, созданию бандформирований. Всего немецким командованием для выполнения диверсионных задач было отобрано и подготовлено около 800 человек.

В сентябре 1944 года на территории Барановичской области агентурными и следственными мероприятиями были выявлены районы расположения штабов, баз и бандитских групп польских националистических формирований Армии Крайовой.

В ходе специальной операции за 17 дней (с 8 по 25 сентября 1944 года) внутренние войска Белорусского военного округа провели 138 частных операций различного характера (из них 5 войсковых), ликвидировав 53 банды польских националистов. Проведенная операция нанесла значительный урон польскому националистическому подполью. В результате проведенной операции было обезврежено 698 бандитов, задержано 245 их пособников и 829 изменников Родины – бывших полицейских, бургомистров, старост и т. д.

Банды лишились источника пополнения, так как было задержано 11 331 уклонявшихся от призыва и 1 229 дезертиров Красной армии. Их штатная структура позволила выполнять поставленные цели и задачи и включала в себя:

- командиров из числа опытных лидеров (как правило, из ранее проживавших на этой территории, прошедших специальную подготовку в диверсионных школах Абвера);
- огневую группу (хорошо подготовленных стрелков);
- подрывную группу;
- группу огневого обеспечения;
- одного-двух радистов-шифровальщиков.

Все члены бандитских групп были взаимозаменяемы, хорошо подготовлены к ведению специальной агитации и пропаганды, построенной на использовании трудностей военного времени и знании особенностей национального менталитета. Характерен пример организационного построения бандгрупп ОУН, которые действовали на территории Западной Украины в период с 1946 по 1953 год. Основу бандгрупп составляли местные лидеры из числа бывшего сословного класса (лидерство носило в основном кастовый характер). Члены бандгрупп прошли школу боевых действий с регулярными частями Красной армии в ходе войны и представляли собой сплоченные боевые пятерки (десятки) недовольных советской властью, а порой просто уголовных элементов. Их боевые порядки мало чем отличались от классической схемы разделения на группы по назначению (отвлекающая, огневая, подрывная).

Таким образом, в 40–50-е годы специальные части внутренних войск на территории Западной Беларуси, Украины и Прибалтики приобрели определенный опыт борьбы с НВФ, основанный на использовании слабых и учете сильных сторон в боевой деятельности последних.

В ходе исследования современных военных конфликтов и анализа мнения военного командования США и НАТО установлено, что так называемая современная деятельность движения сопротивления должна синхронизироваться с основными фазами подготовки и ведения военного конфликта и координироваться с действиями основных группировок войск. Для этого организуется руководство подпольными группами и НВФ. Оно может осуществляться через агентуру, путем выделения специалистов по диверсионно-подрывной работе и создания отрядов НВФ смешанного состава, которые обычно формируются из подразделений специального назначения, наемников и местного населения страны пребывания [4].

В ходе такой деятельности могут проводиться операции «по поддержке мятежа» (Венгрия 1956 г., Чехословакия 1968 г., Польша 1982–1989 г., Афганистан 1985–1988 г. и т. д.). Обычно операции «по поддержке мятежа» проводятся под руководством спецслужб. В исключительных случаях могут использоваться возможности вооруженных сил и других правительственных ведомств.

Так, вооруженные силы США и других стран НАТО могут оказывать поддержку при проведении следующих мероприятий [3]:

- вербовка добровольцев, организация, обучение и вооружение в целях ведения нестандартной или партизанской войны;
- психологические операции;
- создание и совершенствование инфраструктуры;
- сбор разведывательных сведений;



скрытое внедрение, связь;  
вывод и спасение комбатантов;  
подрывная деятельность, саботаж;  
операции по восстановлению ресурсов.

Для непосредственного руководства НВФ могут применяться специально подготовленные подразделения сил специальных операций.

По взглядам военного командования США и НАТО, подпольные группы и НВФ могут осуществлять диверсионно-подрывные и вспомогательные мероприятия, а также вести боевые действия.

Диверсионно-подрывные мероприятия представляют собой деятельность подпольных групп, контролируруемую иностранными спецслужбами. Они могут включать акции политического и иного характера, проводимые преимущественно в городах и других населенных пунктах: шпионаж, саботаж, диверсии, провокации, террористические акции, пропаганду среди населения. Саботаж и пропаганда, по мнению западных военных специалистов, являются наиболее важной частью тактики пассивного сопротивления по задачам и могут включать: проведение актов гражданского неповиновения (массовых уличных шествий, забастовок, митингов, бойкотов), выпуск заведомо недоброкачественной продукции, срыв планов промышленного и военного производства и т. д. Диверсии, провокации и террористические акции составляют основное содержание тактики активного сопротивления. К ним относятся мероприятия, направленные на дискредитацию видных политических, общественных и военных деятелей или покушение на них; дискредитацию вооруженных сил в глазах населения; разрушение или вывод из строя объектов транспортной и энергетической базы, жизнеобеспечения и других.

Вспомогательные мероприятия представляют собой конспиративную деятельность подпольных групп, контролируемую иностранным военным командованием. По взглядам западных военных специалистов, она заключается в приеме, временном укрытии и последующей эвакуации подразделений специального назначения из зон оперативного (боевого) предназначения после выполнения ими поставленных задач и включает развертывание и обслуживание силами движения сопротивления сети конспиративных квартир и других мест укрытия, а также каналов их инфильтрации.

Анализируя опыт деятельности НВФ и исходя из проведенных исследований, установлено, что боевые действия НВФ включают:

действия по нарушению коммуникаций, выводу из строя важных объектов государственного и военного назначения, уничтожению личного состава и военной техники, захвату оружия, боеприпасов и материально-технических средств;

вспомогательные (отвлекающие) действия (захват и удержание второстепенных объектов, налеты на небольшие по численности военные гарнизоны и т. д.);

действия по обеспечению высадки воздушных десантов и автомобильных тактических групп;

психологические (провокационные) акции, направленные на формирование у местного населения лояльного отношения к оккупационным войскам и деморализацию правительственных войск.

Кроме того, анализ военных конфликтов последних десятилетий показывает, что НВФ в ходе вооруженной борьбы вынуждены постоянно адаптироваться к специфическим условиям боевых действий, быстро реагировать на происходящие изменения, перестраивать свою организационную структуру и тактику действий. От этого зависит их живучесть [5]. В любом случае основными факторами, влияющими на организационную структуру и характер действий НВФ, будут являться:

фаза развития военного конфликта и решаемые НВФ задачи; характер и объем помощи извне и поддержка местного населения (в том числе наличие людских, материальных и иных ресурсов);

физико-географические условия;

эффективность противодействия со стороны правительственных войск (сил).

При неблагоприятных условиях обстановки НВФ, как правило, действуют децентрализованно мелкими группами численностью от отделения до взвода, осуществляя диверсии и другие террористические акции, а также беспокоящие действия (нападения на силы правопорядка и небольшие военные гарнизоны). При благоприятных условиях обстановки НВФ объединяются в более крупные организационные структуры, которые сводятся в подразделения войскового типа, равные по численности роте и батальону. Они подчиняются единому руководству и действуют как централизованно, так и децентрализованно, в полном составе или в составе выделяемых для решения конкретных задач диверсионных групп и боевых отрядов различной численности.

Численность, состав и способы действий групп и отрядов НВФ могут изменяться в зависимости от решаемой задачи, характеристик объекта воздействия, наличия собственных сил и средств. В качестве типовых НВФ и их действий целесообразно рассматривать [6]:

диверсионную (террористическую) группу – 10–15 человек;

боевые отряды различной численности: до взвода – около 30 человек; до полуроты – около 50 человек; до роты – 100–150 человек.

На стороне НВФ могут действовать и формирования, созданные на религиозной основе, и отряды наемников, являющиеся наиболее боеспособными. Они могут использоваться в качестве заградительных отрядов для принуждения других к упорному сопротивлению. На вооружении таких формирований будет в основном стрелковое оружие советского (российского) производства. Вместе с тем возможно и определенное количество тяжелого вооружения (танки, БМП, БТР, артиллерия), а также оружие иностранного и местного производства.

Тактика действий НВФ строится на следующих основных принципах:

всесторонняя и тщательная подготовка к ведению разведки и проведению специальных мероприятий;

использование отвлекающих действий для обеспечения выполнения основной задачи;

скрытность и внезапность действий, преимущественно небольшими по численности группами и отрядами, по наиболее уязвимым объектам;

уклонение от прямых столкновений с превосходящими силами противника, быстрая смена мест базирования (укрытий);

сосредоточение сил для решения важных задач и рассредоточение при угрозе блокирования или окружения. В зависимости от решаемых задач, характеристик объекта воздействия, наличия собственных сил, НВФ могут действовать в полном составе, боевыми отрядами и диверсионными группами.

Основными способами их боевого применения являются: налет, засада, диверсия, обстрел. К специфическим направлениям деятельности относятся: терроризм и психологическая борьба.

Вместе с тем, в отличие от формирований регулярных войск, в их действиях можно выделить и специфические принципы, а именно:

тесная связь с местным населением;

действие преимущественно малочисленными отрядами и группами;

тщательная разведка и выбор объекта, места и времени нападения;

использование тактики просачивания и сосредоточения в районе выполнения поставленной задачи;

уклонение от затяжных позиционных боевых действий;

умелое использование местности и условий ограниченной видимости;

изнурение противника;

психологическое обеспечение подрывной деятельности;

высокая управляемость отрядами и группами, их мобильность и профессионализм;

оперативная смена тактики действий в зависимости от складывающейся обстановки, использование при этом приемов, запрещенных Женевскими конвенциями: захваты и

расстрелы заложников из числа мирного населения, террористические акты в целях втягивания в конфликт сопредельных республик и т. д. [7].

Для обеспечения скрытного размещения НВФ в труднодоступных районах местности оборудуются базовые районы, схроны, создаются тайники. Снабжение НВФ военно-техническим имуществом и другими материальными средствами предусматривается осуществлять по нелегальным каналам и воздушно-десантным способом. Вместе с тем основным способом восполнения запасов оружия, боеприпасов, продовольствия, медикаментов и другого имущества считается их захват в ходе нападения на небольшие или плохо охраняемые воинские гарнизоны, склады, транспортные колонны и т. д.

Таким образом, НВФ могут участвовать в подрывной деятельности, решать разведывательные и специальные задачи самостоятельно или с использованием возможностей спецслужб и ССО, вести боевые действия с применением тактики партизанской борьбы. Действия НВФ будут оказывать значительное влияние на выполнение задач стратегического сдерживания и стратегического развертывания, а также ход и исход военного конфликта в целом.

Для борьбы с НВФ могут задействоваться органы и воинские формирования всех силовых структур государства. При этом значительный объем задач решается силами территориальной обороны.

Борьба с незаконными вооруженными формированиями в системе территориальной обороны – это составная часть оборонных мероприятий государственных органов и организаций, территориальными войсками во взаимодействии с Вооруженными Силами, другими войсками, воинскими формированиями и военизированными организациями. Она развертывается с введением в государстве режима военного положения.

Борьба с НВФ осуществляется в тесной взаимосвязи с выполнением других мероприятий поддержания правового режима военного положения.

К борьбе с НВФ привлекаются подразделения специальных частей внутренних войск во взаимодействии с территориальными войсками, силами специальных операций Вооруженных Сил, органами государственной безопасности, органами внутренних дел. Силы территориальной обороны, предназначенные для выполнения этой задачи, ведут непрерывную разведку, блокируют районы обнаружения НВФ, осуществляют поиск, а при необходимости преследуют и уничтожают их.

Основной объем мероприятий по борьбе с НВФ осуществляется в системе территориальной обороны. В составе сил территориальной обороны наиболее подготовленными к решению задач по борьбе с НВФ являются внутренние войска Министерства внутренних дел Республики Беларусь. Они могут решать задачи по пресечению действий НВФ, террористической и диверсионной деятельности на территории Республики Беларусь в рамках служебно-боевого применения своих соединений и воинских частей.

Ликвидация НВФ должна осуществляться как можно раньше, в максимально короткие сроки, до того, как противник установит контроль над крупными участками местности и приступит к активным действиям против войск.

Первостепенными задачами являются:

изоляция районов действий противника;

недопущение распространения его активности на соседние регионы.

Действия по разгрому противника будут успешными только тогда, когда будут осуществляться в рамках определенной системы, каждый элемент которой имеет свою задачу, но все действия объединены одной целью. Вместе с тем практика показывает, что промедление в принятии силовых мер может привести к еще более тяжким последствиям, чем тот ущерб, который неизбежно следует за применением силы.

Опыт свидетельствует, что совместные действия силовых структур по пресечению НВФ только тогда будут эффективными, когда будут направлены на достижение единой цели и ими будут управлять из единого центра управления. Другими словами, необходима

система пресечения НВФ как составная часть системы обеспечения безопасности государства. Цель такой системы – оперативное реагирование на угрозы, возникающие с развязыванием и развитием конфликта.

Таким образом, разрешение конфликта может рассматриваться как совокупность таких форм, как:

уничтожение противоречий;

сдерживание конфликта (предупреждение кризиса);

ликвидация конфликта (включая, в свою очередь, его пресечение и собственно ликвидацию).

Все эти формы взаимосвязаны и взаимозависимы. Их анализ позволяет сделать вывод о том, что силовые методы применения войск будут играть главную роль именно на этапе пресечения конфликта. Однако не на всех этапах роль различных силовых структур, участвующих в выполнении задач, будет неизменной. Необходимо обратить внимание на их роль при различных конфликтах, так как именно на этом этапе еще можно остановить дальнейшее развитие негативной ситуации, когда последствия станут необратимыми.

Основные способы тактики действий соединения специального назначения в борьбе с НВФ опираются на исторический опыт применения войск. В них имеется общее, что присуще внутренним войскам во всех конфликтах, и особенно для того или иного столкновения. Основными факторами, непосредственно определяющими тактику действий войск в районах конфликта, являются [8]:

состав, состояние, уровень развития средств вооруженной борьбы, особенности этнической психологии участников противоборства НВФ и населения;

тактика действий НВФ на всех этапах конфликта;

место и роль подразделений специального назначения внутренних войск в общей системе государственных мероприятий по ликвидации незаконных вооруженных формирований в системе территориальной обороны;

состав, состояние, уровень развития вооружения и военной техники, оснащенности и профессиональной подготовленности самих подразделений и воинских частей, задействованных в пресечении НВФ;

физико-географические условия района нахождения НВФ (их особенности) и территорий, с ним граничащих.

Внутренние войска, как государственное вооруженное формирование, должны быть всегда готовы к выполнению задач в период военного времени в общей системе территориальной обороны Республики Беларусь.

Для обеспечения режима военного положения в соответствии с Законом Республики Беларусь от 13 января 2003 года «О военном положении» внутренние войска могут быть привлечены для выполнения задачи по пресечению деятельности НВФ, террористической и диверсионной деятельности [9].

Задачи по поддержанию режима военного положения выполняются соединениями и воинскими частями во взаимодействии с ОВД (органами государственной безопасности), органами и подразделениями МЧС, воинскими частями ВС Республики Беларусь.

Задачи по поддержанию режима военного положения выполняются патрульно-постовой службой, службой войскового заграждения, а также путем проведения специальных операций.

По мнению автора, основными формами применения подразделений соединения специального назначения внутренних войск при участии в обеспечении режима военного положения (пресечении НВФ) будут:

демонстрация готовности применить силу;

поддержание особого режима въезда на территорию Республики Беларусь и выезда с нее, включая установленные ограничения на въезд на территорию Республики Беларусь и пребывание на ней иностранных граждан и лиц без гражданства;

осуществление мероприятий комендантского часа, а также проверки документов, удостоверяющих личность граждан, личного досмотра, досмотра вещей, осмотра жилых и других помещений;

проведение специальных операций (ведение боевых действий) по разоружению (ликвидации) НВФ, а также по пресечению массовых беспорядков в населенных пунктах;

охрана и оборона важных объектов, коммуникаций и сопровождение колонн с воинскими грузами, материальными средствами и людьми.

Учитывая сложность и широкий спектр определенных войскам задач, а также ссылаясь на положение пункта 687 Устава СБД ВВ МВД Республики Беларусь, можно предположить, что способы действий подразделений могут быть самыми различными. Совершенно очевидно, что способы действий применяются в зависимости от сложившейся обстановки, поставленной задачи и, как правило, в сочетании друг с другом.

К основным способам действий относятся: охрана, патрулирование, блокирование, окружение, оцепление, изъятие, рассредоточение, вытеснение, сдерживание, преследование, поиск, демонстрация действия, сопровождение, конвоирование, захват, прикрытие, досмотр.

При отражении вооруженных нападений на охраняемые объекты, участии в ликвидации НВФ могут также применяться и общевойсковые тактические способы действий.

Таким образом, исходя из содержания конкретной задачи определяется и конкретная тактика действий по ее реализации. Характеризуя тактику действий подразделений специального назначения внутренних войск на протяжении последних десятилетий, необходимо отметить, что наряду с боевыми действиями основной формой действий группировки внутренних войск МВД Республики Беларусь будут являться специальные операции. Огромный опыт проведения специальных операций по ликвидации бандформирований в 20-е и 40-е годы войсками в значительной степени интегрирован в современную составляющую применения войск, где специальные части внутренних войск не только участвуют, а будут самостоятельно проводить специальные операции. Анализируя опыт борьбы с бандформированиями на Украине, в Прибалтике, в Западной Белоруссии, можно отметить важное отличие в деятельности войск. Оно касается организации агентурной работы. И если в послевоенный период при ликвидации буржуазно-националистического подполья на Западной Украине, в Литве, в Белоруссии органы НКВД имели широкую и разветвленную агентурную сеть из числа местного населения, то в современных вооруженных конфликтах попытки приобретения агентуры среди местных авторитетов, духовенства, родственников бандитов и их ближайшего окружения почти всегда были безуспешны.

Старший оперативный начальник руководил деятельностью войск через войскового командира, не вмешиваясь во внутреннюю жизнь воинской части и управление, в том числе и тактические действия командира, за исключением случаев, когда эти действия не отвечали замыслу операции и грозили ее провалом [11]. Распоряжение старшего оперативного начальника по вопросам оперативно-боевой деятельности войск должны были выполняться войсковыми командирами немедленно. Командир нес полную ответственность за правильность выполнения тактических действий войск и исход специальной операции. Дислокация войск МВД-МГБ, привлекаемых для проведения мероприятий, должна была отвечать соответствующему оперативному плану и устанавливалась МВД республики, начальником УМВД (области) и командиром соответствующего соединения (воинской части) войск МВД-МГБ.

При одновременном проведении операции на значительной по размерам территории район проведения операции разбивался на оперативно-боевые участки (секторы). В каждом секторе назначался начальник с необходимым количеством сотрудников МВД-МГБ и воинской части, командир которой назначался заместителем начальника сектора по войскам.

К мелким подразделениям (рота, взвод), разведывательно-поисковым группам и другим видам войсковых нарядов по решению оперативного начальника придавалось

необходимое количество оперативного состава для проведения предусмотренных планом чекистских мероприятий. Руководство отдельными оперативными комбинациями (засады на явках, инсценировки и пр.), для участия в которых привлекались небольшие группы военнослужащих, осуществлял единолично оперативный работник.

Привлекаемые к участию в чекистско-войсковой операции отряды милиции, истребительные батальоны, группы содействия, как правило, подчинялись войсковому командиру, но могли действовать по решению оперативного начальника самостоятельно, в соответствии со складывающейся оперативной обстановкой. В таких случаях войсковому командиру сообщалось, где и когда они будут действовать и порядок взаимодействия с ними.

При проведении операции мелкими подразделениями, действующими в отрыве от своих соединений (частей), а также при необходимости немедленных действий по ликвидации объекта допускалось, что план операции мог не носить формы систематизированного документа.

Боевое использование войск производилось в основном применительно к уставам и наставлениям Красной армии, с учетом особенностей проведения чекистско-войсковых операций. Основными тактическими приемами оперативно-боевой деятельности войск по ликвидации объектов операции являлись: окружение, блокирование районов операции, преследование, прочесывание.

Высказанное позволяет сделать следующие выводы:

во-первых, основной целью чекистско-войсковых (ныне специальных) операций было не уничтожение бандформирований, а перекрытие возможностей притока новых членов и пособников, путей снабжения. Поэтому при планировании действий войск в первую очередь перекрывались источники снабжения бандитов, блокировались маршруты доставки оружия, боеприпасов и продовольствия. Кроме того, постоянным преследованием и нанесением урона живой силе бандитских группировок удавалось ослабить волю рядовых членов банд, побудить их к добровольному отказу от дальнейшего участия в деятельности банды;

во-вторых, режимно-пропускной контроль перемещения населения и распределения ресурсов, осуществляемый войсками в районах, где бандиты проживали и имели активную поддержку местного населения, позволял эффективно выявлять членов бандгрупп и их пособников;

в-третьих, результативность борьбы с бандитизмом прямо зависела от сосредоточения основных усилий на проведении агентурно-оперативных мероприятий по разложению бандформирований и тщательной подготовке чекистско-войсковых операций. Борьбу с этими бандгруппами успешно вели местные территориальные органы МВД-МГБ.

В ходе исследований установлено, что взгляды военно-политического руководства США и НАТО на способы развязывания агрессии претерпели значительные изменения. Современные военные конфликты искусственно инициируются извне путем создания различного рода кризисных ситуаций. В настоящее время этот способ развязывания конфликта следует считать основным [11].

Исходя из анализа опыта борьбы с НВФ в годы Великой Отечественной войны, локальных войн и вооруженных конфликтов, можно предположить, что НВФ будут создаваться, как правило, по территориальному принципу, зачастую иметь единое руководство и их действия будут носить управляемый характер. Сведение отдельных вооруженных формирований в большие отряды возможно в случае обороны крупных населенных пунктов, определенной работы лидеров различных движений по объединению усилий против общего врага, а также по призыву религиозных глав и лиц, провозгласивших себя законным правительством.

Враждебно настроенное население будет использоваться для создания прецедента применения государственной стороной силы, различного рода провокаций, организации блокирования войск, саботажа и т. п., а также оказывать пассивную помощь в организации и ведении разведывательных мероприятий НВФ.

Опыт показал, что активность войск в равной степени должна концентрироваться как на противодействии НВФ, так и на работе с местным населением. Целесообразно иметь в штате соединения специалистов по проведению психологических операций и работе с населением. Специальные операции должны сопровождаться пропагандистской поддержкой (телевидение, радио, залистывание района операции, другие мероприятия, обеспечивающие общественную поддержку и показывающие, что принятие силовых мер со стороны войск является вынужденной реакцией на действия НВФ).

В заключение необходимо отметить, что теория и практика организации и ведения борьбы с НВФ требует совершенствования:

во-первых, заблаговременной организации борьбы с НВФ еще в мирное время во взаимодействии с соединениями и воинскими частями Вооруженных Сил и территориальными войсками;

во-вторых, подготовки органа управления и личного состава соединения к ведению борьбы с НВФ, системы территориальной обороны;

в-третьих, разработки новых способов борьбы с НВФ и рекомендаций по их применению;

в-четвертых, дальнейшего развития теоретических положений по боевому применению соединения специального назначения внутренних войск в борьбе с НВФ, их всестороннему обеспечению.

#### Список литературы

1. Военная доктрина Республики Беларусь: утв. Указом Президента Респ. Беларусь 30 янв. 2002 г., № 74-3.
2. Арутюнян, Ю. В. Этносоциология: учеб. пособие для вузов / Ю. В. Арутюнян, Л. М. Дробышева, А. А. Сусоколов. – М.: Аспект-Пресс, 1998. – С. 124.
3. Володин, К. Батальонные тактические группы сухопутных войск США / К. Володин // Зарубеж. воен. обозрение. – 1987. – № 11. – С. 17–23.
4. Воробьев, И. Н. Принципы общевойскового боя / И. Н. Воробьев. – М.: ВАФ, 1992. – С. 61–65.
5. Воробьев, И. Н. Нужны выверенные сценарии антитеррористического противодействия / И. Н. Воробьев, В. А. Киселев // Независимое воен. обозрение. – 1998. – № 48. – С. 19.
6. Краснов, А. Б. Некоторые подходы к организации и проведению контртеррористических операций // Воен. мысль. – 2000. – № 6. – С. 49–53.
7. Ларионов, В. Армия против войн. Апытруистская стратегия миротворчества сталкивается с множеством проблем / В. Ларионов // Независимое воен. обозрение. – 1999. – № 33. – С. 91–92.
8. Опыт действий внутренних войск МВД России в контртеррористической операции на территории Республики Дагестан в августе – сентябре 1999 г. и его реализация в подготовке органов управления и военнослужащих войск: материалы воен.-науч. конф. ГК ВВ МВД России. – М.: ГК ВВ, 2000. – С. 64–76.
9. О военном положении: Закон Респ. Беларусь, 13 янв. 2003 г., № 8-3.
10. Василевский, В. Б. Совершенствование тактики применения отдельной бригады специального назначения внутренних войск МВД РБ при пресечении внутреннего вооруженного конфликта: моногр. / В. Б. Василевский, В. Н. Чапайло, М. Р. Крипиневиц. – Мн.: ВА РБ, 2011. – 160 с.
11. Воробьев, И. Н. Взаимодействие силовых структур в вооруженном конфликте / И. Н. Воробьев // Воен. мысль. – 1999. – № 6(11–12).

\*Сведения об авторе:

Мещеряков Сергей Алексеевич.

УО «Военная Академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 23. 07. 2014г.

## СДЕРЖИВАНИЕ В ВОЕННОЙ СТРАТЕГИИ И СИСТЕМЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ: ИСТОРИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 32.019.52 + 355:32 + 930

В. Г. Ольшевский\*

*В статье в контексте современных концептуальных документов России и Беларуси рассматриваются историческая эволюция и содержание теоретической концепции и практики стратегического сдерживания, его роль в системе международных отношений. Оцениваются перспективы ядерного оружия в обеспечении национальной, региональной и глобальной безопасности.*

*In article in a context of modern conceptual documents of Russia and Belarus historical evolution and the contents of the theoretical concept and practice of strategic restraint, its role in system of the international relations are considered. Prospects of the nuclear weapon in maintenance of national, regional and global safety are estimated.*

Военные аспекты общественного развития традиционно находятся на периферии обществоведения. С одной стороны, это вполне закономерно. Социально-гуманитарные науки преимущественно ориентированы на описание и изучение мирного времени, поиски путей обеспечения благополучной, счастливой, духовно богатой, гармоничной жизни. Сказывается и вполне естественная специализация научного познания, которая, при всех ее преимуществах, порождает и определенную проблему. Перефразируя высказывание известного российского военного теоретика начала XX в. А. Е. Снесарева, можно сказать, что гражданская наука и философия мало понимают военную сферу и обходят ее своим вниманием как нежелательную аномалию, а военные науки, занятые решением специальных задач, не в силах серьезно заняться ее гуманитарным анализом как основным вопросом [1, с. 256]. Из истории СССР известны примеры, когда такая «специализация» отражалась на качестве принимаемых на высшем уровне государственного управления стратегических решений, имеющих серьезные международные последствия.

История XX в. наглядно показала, что технический прогресс в военной сфере и появление новых средств вооруженной борьбы меняют не только способы и формы ведения не прекращающихся войн и вооруженных конфликтов и военную стратегию, но и характер международных отношений, содержание задач, решаемых внешней политикой значимых государств мира. К примеру, появление ядерного, а затем и ракетно-ядерного оружия вызвало переворот не только во взглядах на способы ведения войн, но и во всей системе международных отношений. В частности, в США оно привело к возникновению новой геополитической теории, концепции и конкретной программы применения вооруженных сил и других ресурсов, которая получила название «сдерживание». Эта теория была основой советско-американских отношений и мировой политики на протяжении второй половины XX в., ее базисные положения по-прежнему сохраняют свою актуальность и в XXI в. Причем в современных условиях своеобразная метафора «сдерживание» трансформировалась в стратегию обеспечения национальной безопасности всех значимых в политическом и военном отношении стран мира. Субъектами сдерживания являются высшие сферы государственной власти и вооруженных сил. Вместе с тем в реализации стратегии сдерживания в той или иной мере участвуют все граждане вовлеченных в международное взаимодействие, в межгосударственное и межкоалиционное соперничество стран мира.

Проблемы стратегического сдерживания до сих пор не получили комплексного освещения не только в социально-политической, социально-экономической литературе, но и военной. За исключением факультетов и академий Генеральных штабов сам термин практически не встречается в программах вузовских курсов социально-гуманитарных и специальных наук даже в высших военных учебных заведениях, хотя современные военные



доктрины крупнейших государств считаются отражением и концентрированным выражением идеологии сдерживания.

Проблема стратегического сдерживания – комплексная междисциплинарная тема многих наук. Ее ядерные аспекты уже привлекли внимание специалистов, изучающих экосистемы, биологию и радиологию [см., напр.: 2–4]. Она может стать предметом изучения социологии, социальной психологии, политологии, государственного менеджмента, экономики, теории международных отношений. Широкие возможности открывает она и для классических исторических исследований общего плана, для специальных работ по исследованию конкретно-исторических ситуаций и для целого ряда других научных дисциплин. Именно поэтому возникает необходимость обобщения теории и практики стратегического сдерживания на всех уровнях государственной иерархии и вооруженных сил, включения полученных результатов в научный и учебный оборот, практику идеологического обеспечения решения стоящих перед различными звеньями системы государственного и военного управления задач.

Исторически концепция сдерживания была результатом острой идеологической борьбы, политической, дипломатической, экономической и военной конфронтации СССР и стран западной цивилизации, переросшей в «холодную войну». Ее автор – американский дипломат, впоследствии известный историк, политолог, один из основателей советологии в США Дж. Ф. Кеннан. В 1933 г. после окончания Принстонского университета и трехлетней аспирантуры в Европе, в течение которой он изучал русский язык и историю России, дипломатической службы в Таллине и Риге он приехал в Москву в качестве переводчика У. С. Буллитта, первого посла США в Советском Союзе. В 1934–1938 гг. он был первым секретарем, а в 1945–1946 гг. советником посольства США в Москве. За годы работы в СССР Кеннан стал ярким противником советской системы в ее сталинском варианте, убежденным в недопустимости стратегического сотрудничества с ней.

В начале февраля 1946 г. государственный департамент США поручил Кеннану выяснить, почему русские были против создания Всемирного банка и Международного валютного фонда. Это была серьезная проблема. Как писал известный политолог Р. Поллард, американские политики в 40-е гг. извлекли уроки из опыта предшествующих трех десятилетий. Они пришли к заключению, что процветание страны зависит, по меньшей мере частично, от подъема мировой экономики. Американские должностные лица были едины в том, что Вашингтон должен играть лидирующую роль в создании послевоенных международных институтов, которые стабилизировали бы валюты, облегчили бы финансовые кризисы и обеспечили бы всемирную торговлю, равно как и в создании новой организации по поддержанию коллективной безопасности. Они полагали, что должным образом функционирующая система мировой торговли будет способствовать росту взаимозависимости народов, повышая тем самым цену агрессии. При этом правящая в то время политическая элита США считала, что Советский Союз станет важным компонентом послевоенной системы политической и экономической безопасности, и рассчитывала на активное советско-американское сотрудничество после войны [5, с. 7–8].

Благожелательную позицию по отношению к СССР заняла американская сторона и в ходе проходившей с 3 по 22 июля 1944 г. в американском городе Бреттон-Вудсе международной конференции, посвященной вопросам послевоенного валютного механизма мирового хозяйства, которая и приняла решения о создании Международного валютного фонда и Международного банка реконструкции и развития (МБРР), впоследствии названного Всемирным банком. Эти организации создавались на основе членских взносов стран-членов, пропорционально которым они могли получить соответствующие кредиты. По размерам квоты в планируемом совокупном капитале МВФ Советский Союз был третьим после США и Великобритании и соответственно мог получить внушительное представительство в Исполкоме – руководящем органе МВФ. Для этого нужно было внести в Фонд 300 млн долл. золотом, что открывало возможность получения в течение четырех лет кредита в размере 1,2 млрд долл. [6, с. 7].

Специалисты, в том числе и советские, рассматривали итоги конференции как своего рода аванс, предоставляемый Советскому Союзу. Один из самых известных московских экспертов, доктор экономических наук З. В. Атлас писал в августе 1944 г. на страницах журнала «Большевик»: «Установление такой высокой квоты для СССР, превышающей удельный вес нашей страны в мировой торговле в предвоенные годы, свидетельствует не только о признании высокого авторитета СССР и его роли в международной экономике, но также и о том, что конференция с полным основанием рассчитывает на серьезное расширение нашей внешней торговли после войны» [7, с. 37]. Однако И. В. Сталин скептически отнесся к предлагаемому дорогостоящему сотрудничеству на правах третьего участника. Решения о создании МВФ и МБРР Советский Союз в декабре 1945 г. не ратифицировал, хотя соответствующие документы в июле 1944 г. советскими представителями были подписаны.

Выполняя полученное поручение, Кеннан направил 22 февраля 1946 г. государственному секретарю официальную телеграмму посольства США в Москве № 511, которая впоследствии получила название «Длинная телеграмма», поскольку содержала 8 тыс. слов и занимала почти четырнадцать стандартных страниц текста (А4).

Содержание телеграммы имело ярко выраженный идеологический характер. Она состояла из пяти частей:

1. Особенности советского мировоззрения после Второй мировой войны.
2. Основы этого мировоззрения.
3. Его проецирование на реальную политику на официальном уровне.
4. Его проецирование на неофициальном уровне.
5. Практические выводы с точки зрения политики США.

На основе проведенного анализа Кеннан пришел к выводам о том, что советское руководство делает и будет делать все для укрепления позиций СССР во всем мире и ослабления силы и влияния капиталистических держав. Россия примет официальное участие в международных организациях, где будет существовать реальная возможность для усиления советского влияния либо подавления или ослабления влияния других государств. В сфере мировой экономики советская политика будет подчиняться стремлениям Советского Союза и соседних территорий, находящихся под советским влиянием, к автократии. Это будет основополагающей политикой. В свете предстоящего предоставления крупномасштабного и долгосрочного кредита советское правительство будет вести себя неискренне, как и в 1930-х гг., в отношении целесообразности построения международных экономических обменов в целом. Внешняя торговля СССР может ограничиться главным образом своей собственной сферой безопасности, включая оккупированные территории в Германии, а принцип всеобщего экономического сотрудничества между народами может быть встречен с явным пренебрежением.

В заключение Кеннан писал: «Советская власть в отличие от власти гитлеровской Германии не является ни схематичной, ни авантюристической. Она не рискует без необходимости. Невосприимчивая к логике рассуждений, она весьма восприимчива к логике силы. По этой причине она может легко ретироваться – что она обычно и делает – в любой момент, когда встречает сильное сопротивление. Таким образом, если противник достаточно силен и ясно показывает готовность использовать свою силу, ему редко приходится применять силу. Если выбрать правильную линию поведения в таких ситуациях, то не возникнет необходимости проводить унизительные переговоры с противником» [8]. Главным смыслом телеграммы был призыв к правительству Соединенных Штатов твердо выступить против «советской экспансии в Восточной Европе».

Телеграмма Кеннана была воспринята в государственном департаменте как «понимание ситуации, которое было необходимо давно». Сам Кеннан считал причинами этого энтузиазма особенности момента времени: «На шесть месяцев раньше сообщение было бы, возможно, принято в Госдепе с поднятыми бровями и сложенными в неодобрении губами. На шесть месяцев позже, оно бы, возможно, прозвучало бы излишним» [9].

Дело в том, что политическое руководство США к этому времени уже было склонно к всесторонней конфронтации с Советским Союзом. 5 марта 1946 г. бывший премьер-министр Великобритании У. Черчилль выступил по предложению президента США Г. Трумэна и в его присутствии в Вестминстерском колледже американского города Фултон в штате Аризона с речью, в которой он говорил об особой роли и призвании англоязычных стран в послевоенном мире. Он призвал к решительной защите традиционных ценностей западной цивилизации, опираясь на имеющиеся ресурсы, в том числе на атомное оружие, и недопущению обладания им тоталитарных государств и тиранических режимов. Черчилль подчеркнул, что на европейский континент от Штеттина на Балтике до Триеста на Адриатике опустился железный занавес, за которым остались древние государства Центральной и Восточной Европы, вынужденные подчиняться влиянию и контролю Москвы. Предложив в начале речи начать оснащать Организацию Объединенных Наций международными вооруженными силами, он выразил опасения по поводу «безграничного распространения» советской мощи и, подчеркнув недопустимость повторения ситуации в Германии 1930-х гг., призвал к «сотрудничеству с Россией» под эгидой ООН в целях исключения беспокойного и неустойчивого баланса сил, «который искушал бы на амбиции и авантюризм» [10].

Эта речь получила оценку в мировой истории как сигнал к началу «холодной войны». 14 марта 1946 г. в газете «Правда» было опубликовано интервью И. В. Сталина о речи Черчилля в Фултоне. На вопрос редакции «Можно ли считать, что речь господина Черчилля причиняет ущерб делу мира и безопасности?» Сталин ответил: «Безусловно, да. По сути дела господин Черчилль стоит теперь на позиции поджигателей войны. И господин Черчилль здесь не одинок, – у него имеются друзья не только в Англии, но и в Соединенных Штатах Америки. Следует отметить, что господин Черчилль и его друзья поразительно напоминают в этом отношении Гитлера и его друзей. Гитлер начал дело развязывания войны с того, что провозгласил расовую теорию, объявив, что только люди, говорящие на немецком языке, представляют полноценную нацию. Господин Черчилль начинает дело развязывания войны тоже с расовой теории, утверждая, что только нации, говорящие на английском языке, являются полноценными нациями, призванными вершить судьбы всего мира. Немецкая расовая теория привела Гитлера и его друзей к тому выводу, что немцы как единственно полноценная нация должны господствовать над другими нациями. Английская расовая теория приводит господина Черчилля и его друзей к тому выводу, что нации, говорящие на английском языке, как единственно полноценные, должны господствовать над остальными нациями мира... Несомненно, что установка господина Черчилля есть установка на войну, призыв к войне с СССР». Сталин напомнил, что немецко-фашистские войска вторглись в СССР через Финляндию, Польшу Румынию, Венгрию, где существовали тогда враждебные Советскому Союзу правительства, что в результате вторжения Советский Союз понес потери, намного, в разы превышающие совокупные потери Великобритании и США, о которых Советский Союз не может забыть, и поставил вопросы: «Что же может быть удивительного в том, что Советский Союз, желая обезопасить себя на будущее время, старается добиться того, чтобы в этих странах существовали правительства, лояльно относящиеся к Советскому Союзу? Как можно, не сойдя с ума, квалифицировать эти мирные стремления Советского Союза как экспансионистские тенденции нашего государства?» [11].

Все эти события свидетельствовали о том, что маховик агрессивной антисоветской политики США уже был запущен. На основе «Длинной телеграммы» Кеннана в государственном департаменте был подготовлен и в сентябре 1946 г. представлен президенту Г. Трумэну отчет, в котором предлагалось «ограничение и замыкание в узком пространстве» советского влияния. А в июле 1947 г., уже будучи руководителем отдела государственного департамента США по планированию внешней политики, Дж. Ф. Кеннан опубликовал в журнале «Foreign Affairs» за подписью «Х» статью «Истоки советского поведения», в которой была изложена в развернутом виде внешнеполитическая доктрина «сдерживания», вскоре воплощенная в жизнь [12].

Значение теоретической концепции сдерживания трудно переоценить. Она оказала влияние на выработку внешней и военной политики США на последующие сорок лет, обусловила действия других государств в отношении этой страны, легла в основу многих важных дипломатических и политических начинаний. Так, еще 12 марта 1947 г., то есть до появления статьи Кеннана, была провозглашена доктрина Трумэна, объявлявшая о готовности США оказывать всемерную, в том числе и военную, поддержку «свободным народам», которые сами не в силах «защитить демократию», и постулировавшая, таким образом, право США на вмешательство во внутренние дела других государств. 5 июня того же 1947 г. государственный секретарь США Дж. Маршалл в выступлении в Гарвардском университете официально выдвинул «план Маршалла», направленный на то, чтобы укрепить позиции капитализма в Западной Европе путем предоставления ей экономической помощи и воспрепятствовать социальным изменениям в этом регионе.

Таким образом, в своем первоначальном варианте «сдерживание» (англ. *containment*) – это разработанная в США геополитическая теория. Основанная на ней политика сдерживания, осуществляемая США, первоначально была неразрывно связана с концепцией гарантированного уничтожения СССР в случае его «экспансии», поэтому неизбежно порождала противодействие. Критики Кеннана вполне обоснованно утверждали, что практика такого «сдерживания» привела к гонке вооружений, к большому риску вооруженных конфликтов и постоянным бюджетным дефицитам из-за перефинансирования военных приготовлений. По самым приближенным оценкам, «холодная война» обошлась человечеству не менее чем в 30 трлн долл., т. е. примерно в 10 раз больше, чем самые разрушительные мировые войны. С 1950 по 1990 финансовые годы только министерству обороны США было ассигновано свыше 13,5 трлн долл. (в ценах 2002 г.), не считая средств, выделенных на военные цели Комиссии по атомной энергии (позднее – министерство энергетики) и НАСА [13, с. 37].

Реагируя на обвинения, сам Дж. Кеннан впоследствии объяснял, что в своих практико-ориентированных разработках он вовсе не имел в виду военное сдерживание Советского Союза, что он подчеркивал необходимость противодействия экспансии коммунизма и возможному расширению влияния СССР, просто хотел сказать: «Не идите ни на какие дополнительные уступки... В то время я никак не мог вообразить, чтобы Советский Союз представлял военную угрозу для нашей страны».

Однако вскоре теоретическая концепция сдерживания была подхвачена Пентагоном. При этом консультирующий военные структуры профессор Йельского университета Б. Броди заменил слово «*containment*» его синонимом – «*deterrence*» [см.: 14]. Корень слов «*deter*» – утрашать и «*deterrence*» – утрашение происходит от латинского «*deterere*», означающего «утрашить или запугать чем-то». В американской политологии его содержание трактуется шире. «Как в повседневном языке, так и в языке специалистов в области международных отношений и военной стратегии «*deter*» уже долгое время имеет более широкое значение. Оно используется не только для того, чтобы отговорить предпринять какое-либо действие, указав на пугающие возможные последствия, но также указать на ситуации, где удержание от чего-либо происходит ввиду перспективы не достичь желаемых целей или на возможность превышения стоимости ожидаемой выгоды. Некоторые исследователи в области военной стратегии проводят различия между отпугиванием нападения угрозой «наказания» (пугающие последствия) и отпугиванием нападения перспективой «лишения» (целей нападения)» [цит. по: 15, с. 15].

Таким образом, термин «*deterrence*» означал то же самое сдерживание, но имел и другое значение – утрашение. Он делал акцент на военной силе и более точно отражал смысл, который вкладывал в концепцию Пентагон: «сдерживание путем утрашения». В разработанном в Вашингтоне сборнике терминов для переговоров с СССР по вопросам ограничения стратегических наступательных вооружений сдерживание (*deterrence*) трактовалось как «стратегия, цель которой удержать противника от нападения» [16, с. 214]. Официальная американская военная доктрина определяет сдерживание как «недопущение

осуществления действий ввиду угрожающих последствий. Сдерживание – это состояние ума, вызванное существованием внушающей доверие угрозы неприемлемого противодействия» [17, 18]. Можно добавить: ума и психологии, духовного состояния народа и высшего военно-политического руководства государства. Сдерживание направлено на снижение воинственности и чрезмерного оптимизма у объекта сдерживания. Под сдерживанием следует понимать комплекс, взаимосвязанную систему целенаправленных мер, воздействующих на умы, идеологию и психологию противоположной стороны с целью изменить политику. При этом в современной научной литературе иногда различается сдерживание-containment как удерживание оппонента в рамках приобретенных им сфер влияния и сдерживание-deterrence как воздействие на его волю угрозой неприемлемого ответного удара [см., напр.: 19].

В СССР в течение длительного времени избегали пользоваться термином «сдерживание». В общественно-политической и специальной литературе, документах нормативно-правового характера применялось понятие «предотвращение войн (вооруженных конфликтов)» [см., напр.: 20, 21].

Как было показано В. В. Серебрянниковым, хотя эти понятия весьма близки друг другу, переkreщиваются, во многом совпадают, но между ними есть и существенные различия. Предотвращение войны по сравнению с ее сдерживанием есть дело более широкое и далеко идущее по целям, средствам, способам, субъектам, социальной роли и значимости. Сдерживание, в первую очередь ядерное, является ключевым фактором в недопущении войн на глобальном, региональном и локальном уровнях. В предотвращении войны и сдерживании агрессора вооруженные силы применяются лишь в форме косвенного, опосредованного использования в качестве специфического политического средства принуждения агрессора к отказу от войны. Но в одном случае они играют вспомогательную роль, а в другом – приоритетную. Соответственно, меняется и роль невоенных средств [22, с. 4–5].

Можно утверждать, что в современных условиях сформировалась не просто военная, а государственная стратегия сдерживания, причем она диверсифицировалась и по субъектам, и по содержанию, разрабатывается и осуществляется разнообразными методами и средствами не только Соединенными Штатами Америки, но и другими государствами.

*В понимании современной геополитической и военной теории и практики, развиваемой на постсоветском пространстве, стратегическое сдерживание представляет собой «комплекс взаимосвязанных по цели и замыслу политических, дипломатических, информационных, экономических, военных и других мер, направленных на предотвращение агрессивных действий со стороны какого-либо государства (коалиции государств) угрозой неприемлемых для него последствий в результате ответных действий. Военные меры включают угрозу применения военной силы для предупреждения или предотвращения каких-либо действий противоположной стороны (регулярных армий иностранных государств, бандформирований или антиконституционных сил), противоречащих действующим соглашениям или законам»* [23, с. 93]. Большой вклад в разработку теории и практики стратегического сдерживания внес Президент Академии военных наук Российской Федерации, генерал армии, доктор военных и доктор исторических наук М. А. Гареев [см.: 24–26]. В своих работах, многочисленных выступлениях он особо подчеркивал значение и роль правовых и духовно-нравственных (морально-психологических) мер в обеспечении сдерживания, в частности необходимости формирования оборонного сознания граждан, утверждения идей защиты Отечества, патриотического воспитания молодежи, всемерного повышения стимулов и престижа военной службы. «В этом отношении очень много позитивного делается в Белоруссии, чему можно было бы поучиться», – отмечал М. А. Гареев в одной из своих статей [27, с. 9].

Деятельность государств в области предотвращения войн, внешней военной агрессии, наращивания военной силы – то, что сейчас именуется политикой сдерживания, – всегда

являлась (явно или неявно, осознанно или нет) неотъемлемой и важнейшей частью национальной политики. Вследствие этого различные аспекты сдерживания всегда были предметом анализа государственных деятелей и военных теоретиков. Тем не менее строго научные положения теории сдерживания были сформулированы лишь в ядерный период.

Появление и развитие ядерного оружия оказало и продолжает оказывать огромное и противоречивое влияние на мировую политику, экономику, военное дело, всю систему национальной, региональной и глобальной безопасности, можно сказать, исторические судьбы всех стран и народов, человечества в целом. Необходимо учитывать не только всем известные его негативные, но и позитивные моменты, способствующие, в частности, интеграции человечества, осознанию соизмеримости глобальных явлений с пространственно-временными масштабами жизни отдельной личности. Огромная разрушительная мощь ядерного оружия и его относительная дешевизна (по критерию «эффективность – стоимость» оно не имеет себе равных) позволяют резко ускорить аккумуляцию военной силы, а также в значительной степени нивелировать последствия различий в уровнях экономического развития. Пятьдесят лет назад это доказал Советский Союз, создав «равновесие страха» с Соединенными Штатами, несмотря на неравенство между двумя сверхдержавами в невоенных, прежде всего экономической, сферах. Безусловно, эти позитивные свойства ядерного оружия принципиально не могут быть реализованы вне риска всеобщей катастрофы, диалектически отрицающей, в свою очередь, и ядерное оружие, и все позитивные моменты, связанные с ним. На этом и основывается политика ядерного сдерживания.

История практического ядерного сдерживания – это прежде всего история драматического ядерного противостояния США и СССР (России). Помимо развития собственно стратегических наступательных ядерных вооружений, создания каждой ядерной сверхдержавой трехкомпонентных стратегических ядерных сил (наземных в виде межконтинентальных баллистических ракет, морских – баллистических ракет подводных лодок на атомных субмаринах и бомбардировочной авиации межконтинентальной дальности), страны – первые обладательницы ядерного оружия приобрели и другие «аксессуары». Это двухэшелонные (наземная и космическая) системы предупреждения о ракетном нападении, системы стратегической спутниковой разведки, нацеленной прежде всего на разведку целей, связанных со стратегическими ядерными силами, системы контроля космического пространства и др. Монопольное обладание именно такими системами, наряду с наличием огромных арсеналов ядерных боеприпасов, на деле обеспечивало США и СССР статус сверхдержав, поскольку монополия на собственно ядерное оружие была утрачена ими достаточно быстро, после того, как в 1952, 1960 и 1964 гг. в привилегированный «ядерный клуб» вступили соответственно Великобритания, Франция и Китай. Тем не менее определяющее значение имел «центральный ядерный баланс» СССР – США. Система ядерного сдерживания сформировалась прежде всего в результате взаимодействия этих сверхдержав.

Исторически оценивая практику ядерного сдерживания, следует иметь в виду, что в Советском Союзе полагали, что подлинная безопасность государств может быть обеспечена лишь на безъядерной основе, и поэтому необходимо добиваться полного изъятия этого оружия из военных арсеналов. Этому подходу противостоял взгляд оппонентов с Запада на ядерное оружие как единственно эффективное в условиях второй половины XX в. средство предотвращения всеобщей войны.

В США стратегическую теорию развивали не генералы, а в основном гражданские специалисты, в том числе ученые-естественники и ученые-гуманитарии. Трудami таких теоретиков, как Б. Броди, Дж. Кеннан, Г. Киссинджер, Г. Кистяковский, Р. Шеллинг и другие, родилась теория, в соответствии с которой ядерное оружие – это не просто более разрушительное средство войны, а качественно новое оружие, способное уничтожить весь мир и не оставить победителей. Поэтому был сделан эпохальный вывод: ядерное оружие надо использовать не для того, чтобы победить противника в войне, а для того, чтобы не

допустить этой войны, точнее, не допустить таких действий предполагаемого противника, которые могут привести к войне.

В Советском Союзе к такому выводу пришли значительно позже, потому что ни ученые-гуманитарии, ни ученые-естественники, ни тем более военные просто не могли свободно обсуждать подобные темы. На идеологическом уровне теорию сдерживания клеймили как прислужницу «агрессивной политики империализма», которой противопоставлялся «миролюбивый курс СССР». Однако, предавая на словах анафеме ядерное оружие и подвергая ядерное сдерживание острой и бескомпромиссной критике, на практике Советский Союз вынужден был руководствоваться именно этой доктриной. Да иначе и быть не могло в условиях разделенного мира, когда действия США – особенно в 50–60-е гг. – воспринимались «миролюбивой мировой общественностью» как балансирование на грани войны, как подготовка к внезапному нападению с применением ядерного оружия. Можно констатировать, что в годы «холодной войны» в чисто военном плане стратегические силы СССР были призваны выполнять примерно те же задачи, что и американские СНВ, с той лишь разницей, что советское руководство, в отличие от американского, считало дальнейшую опору на ядерное оружие как средство предотвращения войны бесперспективной и крайне опасной. Но в реальной жизни военное соревнование между СССР и США в ядерной области развивалось в соответствии с логикой «действие – противодействие», лимитируясь отнюдь не моральными или какими-либо иными соображениями, а в основном лишь финансовыми и техническими возможностями. Что касается Советского Союза, то, обеспечив себе – во многом благодаря ядерному оружию – статус сверхдержавы, он стремился в 70–80-е гг. во что бы то ни стало сохранить его путем поддержания военно-стратегического паритета с США.

Деидеологизация внешней политики постсоветских государств, прежде всего России, привела к пониманию того, что ядерное сдерживание – это *modus vivendi* современного мира, поэтому пока человечеством не создана принципиально новая система поддержания международной безопасности, необходимо принимать существующие «правила игры». Еще в 1993 г. Россия отказалась от обязательства бывшего СССР не применять ядерное оружие первыми. В новой военной доктрине Российской Федерации [28] эта позиция уточнена: так же как и США, Россия оставляет за собой право использования ядерного оружия в ответ на угрозу применения против нее и (или) ее союзников химического, бактериологического и ядерного оружия, а также в ответ на агрессию с применением обычного оружия в ситуациях, которые она будет считать критическими для безопасности государства. Тем более что в современных условиях ситуация чрезвычайно усложнилась. Кроме пяти «официальных» ядерных государств – постоянных членов Совета безопасности ООН, не прекращают работ по совершенствованию своих потенциалов «неофициальные» ядерные страны – Индия, Израиль, Северная Корея, Пакистан. Еще около 15–20 государств мира относятся, по различным оценкам, к «пороговым», способным получить ядерное оружие в ближайшие годы. Это значит, что ядерное оружие остается важнейшим элементом мирового управления в области безопасности. Не исключается доступ к ядерному оружию негосударственных субъектов, в том числе террористических организаций. Поэтому само ядерное сдерживание, методика его реализации существенно меняются.

В условиях нового стратегического ландшафта начала XXI в. для интересов поддержания глобальной, региональной и национальной безопасности как никогда важно учитывать не только так называемый центральный ядерный баланс Россия – США, но и все остальные компоненты «мирового ядерного уравнения», сколько бы малыми они ни выглядели на сегодняшний день в чисто количественном выражении. Только их учет позволяет представить сложнейшую систему военно-политического взаимодействия ведущих государств мира.

В настоящее время главной военно-политической задачей мирового сообщества является сохранение уже сложившейся трехполюсной ядерной модели. Это обладающие ядерным оружием страны блока НАТО, Россия и Китай. Нельзя допустить трансформацию

этой ядерной структуры в многополюсную ядерную модель. Образование новых ядерных геополлюсов приведет не только к срыву договоренностей между Россией и США в области ядерных вооружений, но и к еще большей эскалации всеобщей ядерной гонки. Таким образом, можно сделать вывод о том, что ядерное оружие еще на длительное время останется основой стратегического сдерживания в обеспечении безопасности России и ее союзников.

По сформулированной в конце 2010 г. оценке известных российских политиков, ученых, военачальников – бывшего министра иностранных дел и председателя правительства Российской Федерации академика Е. М. Примакова, бывшего министра иностранных дел РФ И. С. Иванова, бывшего начальника Генерального штаба, первого заместителя министра обороны СССР генерала армии М. А. Моисеева, президента Российского научного центра «Курчатовский институт» академика Е. П. Велихова, – «парадокс ядерного сдерживания состоит в том, что оно по большей части обращено к угрозам прошлого века, в то время как вероятность крупномасштабного вооруженного конфликта между великими державами и их союзниками в современных условиях глобализации и многополярности близка к нулю.

Вместе с тем ядерное сдерживание бессильно против новых угроз XXI века: распространения оружия массового уничтожения (ОМУ) и средств его доставки, международного терроризма, этнических и религиозных конфликтов, трансграничной преступности и пр. Хуже того, ядерное сдерживание в ряде случаев подстегивает процессы распространения ОМУ и ракетных технологий или мешает более глубокому сотрудничеству великих держав в борьбе с такими угрозами (совместное развитие систем ПРО)» [29].

Многие западные военные аналитики также полагают, что стратегия ядерного сдерживания уже не отвечает сложившимся условиям геополитической, экономической и социальной обстановки, возможностям государств, уровню развития способов ведения войн и не оправдывает себя. Объясняют это рядом причин. Во-первых, ядерное сдерживание не решает проблемы соответствия возмездия степени угрозы и, более того, связано с громадным риском даже при наличии достоверной информации о намерениях и действиях противостоящей стороны. Во-вторых, оно может спровоцировать дальнейшую эскалацию использования ядерного оружия и привести к лавинообразному развязыванию ядерной войны. И в-третьих, группировки сил, созданные для ядерного сдерживания сильного противника, не могут обеспечить решения всех политических и военных проблем и защитить западные страны в вооруженных конфликтах даже со слабым противником, не имеющим ядерного оружия.

Однако при оценке этих обоснований следует учитывать еще одно чрезвычайно важное обстоятельство, состоящее в том, что с начала 2000-х гг. США реализуют принципиально новый комплексный подход к применению военной силы, по сути означающий развернутый переход к подготовке качественно новых войн XXI в. Он предусматривает проведение многокомпонентных объединенных операций с применением ядерных и неядерных сил (Joint Nuclear Operations) на основе новой стратегической триады, включающей: 1) ударные ядерные и конвенциональные наступательные системы; 2) оборонительные системы (ПРО, ПВО, средства гражданской обороны); 3) обновленную оборонную, научно-исследовательскую и промышленную инфраструктуру (рисунок).

Новая триада, по сути дела, концептуально определяет как внешнюю военную политику (первая и вторая составляющие), так и внутреннюю военную политику – материально-техническое обеспечение двух первых составляющих триады.

Первая составляющая новой триады – наступательная – включает традиционную ядерную триаду – МБР, БРПЛ, стратегические бомбардировщики, часть тактической авиации на боевом дежурстве или в готовности к применению через несколько дней и резерв оперативного доразвертывания: боеголовки, которые могут быть дополнительно установлены на носителях, и часть КРМБ, а также некоторые другие элементы. Но ядерная составляющая в новое время, в отличие от периода «холодной войны», требует



интегрирования с новыми неядерными стратегическими способностями. Поэтому в нее включены высокоточные неядерные средства, их системы боевого управления, средства информационной войны и силы спецопераций.

Вторая составляющая новой триады исходит из того, что только наступательные способности не могут сдерживать агрессию в новой обстановке безопасности XXI столетия. Поэтому она нацеливает на развитие и развертывание как активной обороны – ПРО и ПВО, так и пассивной обороны – меры по повышению мобильности, рассредоточения, маскировки, дезинформации, боевого управления, а также системы предупреждения о ракетно-ядерном ударе (СПРЯУ) и контроля космического пространства (СККП). При этом учитывается, что активная и пассивная обороны не будут совершенны, однако, предотвращая или снижая эффективность ограниченных атак, эти два вида обороны могут препятствовать проведению вражеских атак, предоставляя тем самым новые возможности для управления кризисами и обеспечения гарантии против неудачи традиционного сдерживания.



Рисунок – Новая триада стратегических сил США [30]

Третьей составляющей новой триады является оборонная инфраструктура. После окончания «холодной войны» она существенно сократилась, а ядерная инфраструктура атрофировалась. Новый подход к развитию и материально-техническому обеспечению новых способностей должен охватывать области новых поколений систем вооружений более чем на двадцать лет вперед. В отношении ядерной инфраструктуры предполагается исправить упадок доверия к развернутым силам, сократить ненужное оружие и уменьшить риск технологических сюрпризов. По замыслу разработчиков триады способность США реагировать на существующие стратегические изменения может позволить сократить американский ядерный арсенал и в то же время предостеречь противников от начала соперничества в ядерных вооружениях.

Анализ показывает, что главной целью новой триады было и остается обеспечение перманентного военного превосходства США над любым другим государством. Технологическое лидерство пока что сильнейшей в экономическом и военном отношении

страны мира может позволить ей оставаться таковой даже в гипотетическом «безъядерном мире». Однако, как отмечали уже упоминавшиеся патриархи политической, военной и научной сфер России, «мир без ядерного оружия – это отнюдь не нынешний мир минус ядерное оружие. Нужна международная система, построенная во многом на иных принципах и институтах. Мир, свободный от ядерного оружия, не должен стать миром, свободным для войн с применением других видов ОМУ, обычных вооруженных сил, новейших неядерных вооружений и систем на новых физических принципах... Реализация идеи ядерного разоружения, которая должна оставаться стратегической целью, возможна лишь в контексте глубокой реорганизации всей международной системы» [29]. Несомненно одно: ядерное оружие исчезнет не скоро, но его роль существенно изменилась и будет постепенно меняться в дальнейшем. Вместе с тем должно измениться, трансформироваться и ядерное сдерживание [см.: 31].

На основе всего изложенного в статье в целом можно сделать следующие, далеко не полные в силу масштабности темы, выводы.

Стратегическое сдерживание было и остается важным компонентом военной стратегии значимых в военно-политическом отношении стран мира, в том числе в составе Союзного государства, Российской Федерации и Республики Беларусь [28, разд. II, п.16; разд. III, пп. 17–20; 32, разд. 1, п. 1.4; 33; 34, разд. II, гл. 2, п. 15], действенным фактором системы международных отношений. Поскольку конфигурация сдерживания, соотношение обеспечивающих его сил и средств, а также международная обстановка в первые десятилетия XXI в., особенно в последние годы, существенно изменились, это делает необходимым содержательный пересмотр приоритетов и ориентиров военной политики, ее концептуальных, технических и финансово-экономических основ, разработку новых военных доктрин России, Беларуси и Союзного государства. Трансформация международных отношений в связи с событиями вокруг Украины делает эту задачу не только актуальной, но и безотлагательной.

Следует также учитывать, что на практике в политике государства стратегическое военное сдерживание тесно связано с невоенным, их можно разделять только на уровне теоретического анализа. Главная особенность современного мира состоит в усилении взаимосвязей военного и невоенного развития так, что военная сила, как никогда ранее, зависит от невоенных факторов силы, стала производной от состояния общества в целом. Эта тенденция впервые проявилась еще в период Первой мировой войны, когда стало очевидным, что армия является важным элементом не только военной организации государства, но и экономической, социальной, политической, духовной сфер общества. «После 1914 г. слово «армия» утратило свое прежнее значение, – писал вскоре после войны бельгийский полковник А. Е. Фастрез в остающейся актуальной статье «Война истощает армию, армия истощает нацию». – Армия – это весь народ, это – нация со всем своим народонаселением и всеми своими ресурсами, какой бы это области ни касалось. Часть выделена в боевые отряды, где представлены все социальные классы, все отрасли деятельности, все способности, все национальные силы. Промышленность, торговля, финансы, земледелие, литература, наука, искусство, даже религия, – все несут свою помощь войне. Нация работает, мыслит, живет для этой войны; все подчиняется ей. Истощение армии это и истощение нации; истощение нации обращает в ничто и армию» [цит. по: 35, с. 16]. Разумеется, в современных условиях экономика и общество в целом «работают» не только и не столько на войну, военная мощь и обороноспособность государств являются «побочными функциями» их развития. В этом смысле укрепление обороноспособности страны в наше время – это повседневная забота о развитии и совершенствовании экономики, повышении ее технического и технологического уровня и общей конкурентоспособности, постоянном обновлении и повышении наукоемкости производимой продукции, развитии человеческого потенциала в образовательно-воспитательных процессах и текущем потреблении как формах расширенного воспроизводства населения страны и т. д. и т. п. Именно эти концептуальные принципы лежат в основе государственной и военной стратегии

союзных государств Беларуси и России на обозримую перспективу. Однако это ни в коей мере не отменяет основополагающей закономерности. Как подчеркивал генерал-полковник в отставке Е. Е. Кондаков, невоенные меры воздействия на международные отношения «эффективны тогда, когда они опираются на реальную военную мощь» [36, с. 292].

Стратегическое сдерживание традиционно рассматривается преимущественно в контексте межгосударственных и международных отношений. Изложенное позволяет утверждать, что его проблемы решаются средствами не только внешней, но и внутренней политики. При широком подходе сдерживание является одним из традиционных и фундаментальных принципов функционирования общества, взаимодействия его различных структур, управления на всех уровнях и во всех звеньях социальной иерархии. Поэтому через призму сдерживания может рассматриваться как мировое развитие в целом, система международных отношений, так и функционирование всего общественного организма страны, эффективность управления им [см. подробнее: 37, 38].

#### Список литературы

1. Снесарев, А. Е. Философия войны / А. Е. Снесарев. – М.: Финанс. контроль, 2003.
2. Чазов, Е. И. Ядерная война: медико-биологические последствия: Точка зрения советских ученых-медиков / Е. И. Чазов, Л. А. Ильин, А. К. Гуськова. – М.: АПН, 1983.
3. Климатические и биологические последствия ядерной войны / под ред. Е. П. Велихова. – М.: Мир, 1986.
4. Сахаров, А. Д. Опасность термоядерной войны. Открытое письмо доктору Сиднею Дреллу [Электронный ресурс] / А. Д. Сахаров. – Режим доступа: [http://www.yabloko.ru/Themes/History/sakharov\\_atom.html](http://www.yabloko.ru/Themes/History/sakharov_atom.html).
5. Pollard, R. Economic security and the origins of the Cold War / R. Pollard. – N.Y.: Columbia university press, 1985.
6. Батюк, В. И. Истоки «холодной войны»: советско-американские отношения в 1945–1950 гг. / В. И. Батюк; Российский научный фонд // Науч. докл. – М.: БИГ Пвт, 1992.
7. Атлас, З. В. Мировая валютная проблема / З. В. Атлас // Большевик. – 1944. – № 15–16.
8. Длинная телеграмма: телеграмма посольства США в Москве № 511 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ilinskiy.ru/publications/sod/glprot-p2.php>.
9. Сдерживание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
10. Речь Уинстона Черчилля в Фултоне 5 марта 1946 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://hirosima.scepsis.ru/war/w\\_1.html](http://hirosima.scepsis.ru/war/w_1.html).
11. Интервью И. В. Сталина газете «Правда» о речи Черчилля в Фултоне (14 марта 1946 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.coldwar.ru/stalin/about\\_churchill.php](http://www.coldwar.ru/stalin/about_churchill.php).
12. Кеннан, Дж. Ф. Истоки советского поведения / Дж. Ф. Кеннан // США: экономика, политика, идеология. – 1989. – № 12.
13. Фарамазян, Р. А. Трансформация военной экономики: XX – начало XXI века / Р. А. Фарамазян, В. В. Борисов. – М.: Наука, 2006.
14. Броди, Б. Стратегия в век ракетного оружия / Б. Броди; пер. с англ.; под ред. и с предисл. В. В. Мочалова. – М.: Воениздат, 1961.
15. Иванов, О. Стратегия сдерживания в политике США / О. Иванов // Обозреватель – Observer. – 2008. – № 8.
16. Стародубов, В. П. Россия – США. Глобальная зависимость / В. П. Стародубов. – М.: Молодая гвардия, 2004.
17. U.S. Joint Chiefs of Staff. Joint Doctrine Encyclopedia. 1997. 16 July [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.dtic.mil/doctrine/joint\\_doctrine\\_enciclopedia.htm](http://www.dtic.mil/doctrine/joint_doctrine_enciclopedia.htm).

18. Брезкун, С. «Ядерное сдерживание» как состояние ума. О якобы «мирных» американских инициативах [Электронный ресурс] / С. Брезкун. – Режим доступа: [http://www.stoletie.ru/rossiya\\_i\\_mir/jadernoje\\_sderzhivaniye\\_kak\\_sostojaniye\\_uma\\_2009-07-02.htm](http://www.stoletie.ru/rossiya_i_mir/jadernoje_sderzhivaniye_kak_sostojaniye_uma_2009-07-02.htm).
19. Мировая политика: теория, методология, прикладной анализ / отв. ред. А. А. Кокошин, А. Д. Богатуров. – М.: КомКнига, 2005.
20. Каневский, Б. М. Проблема предотвращения войны: понятие, возможности, механизм / Б. М. Каневский // Воен. мысль. – 1989. – № 4.
21. Кокошин, А. А. Предотвращение войны: Доктрины, концепции, перспективы / А. А. Кокошин, В. В. Ларионов. – М.: Прогресс, 1990.
22. Серебрянников, В. В. Предотвращение войн: теория и практика / В. В. Серебрянников // Воен. мысль. – 2008. – № 12.
23. Василенко, В. В. Категории и термины системы знаний о войне и военной безопасности / В. В. Василенко, М. А. Гареев, Б. П. Груздев; под ред. Маршала Рос. Федерации И. Д. Сергеева; Акад. воен. наук. – М.: Рос. инж. акад., 2000.
24. Гареев, М. А. Проблемы и решения. Стратегическое сдерживание – важнейшее направление обеспечения национальной безопасности / М. А. Гареев // ВПК: Воен.-пром. курьер. – 2008. – № 42, 43.
25. Гареев, М. А. Основные положения доклада на «круглом столе» в Военной академии РВСН имени Петра Великого / М. А. Гареев // На страже Родины. – 2008. – № 88.
26. Гареев, М. А. Стратегическое сдерживание – важнейшее направление обеспечения национальной безопасности России в современных условиях / М. А. Гареев // Стратег. стабильность. – 2009. – № 1.
27. Гареев, М. А. Проблемы стратегического сдерживания в современных условиях / М. А. Гареев // Воен. мысль. – 2009. – № 4.
28. Военная доктрина Российской Федерации: утв. Указом Президента РФ № 146 от 5 февр. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gzt.ru/addition/-voennaya-doktrina-rossiiskoi-federatsii-/287648.html>.
29. От ядерного сдерживания к общей безопасности [Электронный ресурс] / Е. Примаков [и др.]. – Режим доступа: <http://www.izvestia.ru/news/367072>.
30. Коробушин, В. Метаморфозы стратегического сдерживания. Не исключено, что межконтинентальные ракеты вновь придется возвращать в шахты / В. Коробушин // Независ. воен. обозрение. – 2005. – 15 апр.
31. Перспективы трансформации ядерного сдерживания / под ред. А. Г. Арбатова, В. З. Дворкина, С. К. Ознобишева. – М.: ИМЭМО РАН, 2011.
32. Военная доктрина Союзного государства: утв. Постановлением Высшего Государственного Совета Союзного государства 26 дек. 2001 г. № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.bankzakonov.com/inter/razdel8/time1/lavz0046.htm>.
33. Военная доктрина Республики Беларусь: утв. Законом Респ. Беларусь 3 янв. 2002 г., № 74-3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mod.mil.by/doktrina.html>.
34. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: утв. Указом Президента Респ. Беларусь 9 нояб. 2010 г., № 575 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mod.mil.by/konsep.html>.
35. Каратыгин, П. Мобилизация промышленности для нужд войны (общие основы) / П. Каратыгин; вступ. статья М. В. Фрунзе – М.: Воен. вестн., 1925.
36. Кондаков Е. Е. Невоенные меры обеспечения военной безопасности Российской Федерации и основные проблемы их реализации / Е. Е. Кондаков // Воен. безопасность Российской Федерации в XXI веке: сб. науч. ст. / под общ. ред. А. В. Квашнина. – М.: ГИИ ВС РФ, 2004.
37. Стратегическое сдерживание в идеологии обеспечения военной безопасности: история и современность: пособие / В. Г. Ольшевский [и др.]; под общ. ред. В. Г. Ольшевского. – Минск: ВА РБ, 2012.

38. Ольшевский, В. Г. Стратегическое сдерживание в системе государственного и военного управления: история и современные проблемы / В. Г. Ольшевский // Идеол. аспекты воен. безопасности. – 2013. – № 1.

---

\* Сведения об авторе:

Ольшевский Валерий Георгиевич.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 06.10.2014 г.

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОРЯДКА РАБОТЫ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ШТАБА ОПЕРАТИВНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ В ХОДЕ ОРГАНИЗАЦИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

УДК 355.4

Е. А. Шкуратов, В. В. Шлакунов, И. А. Лазарь\*

*Опыт современных войн и вооруженных конфликтов показывает, что успех боевых действий во многом определяется эффективностью управления войсками. Это, в свою очередь, требует высокого уровня развития системы управления. Ввиду того, что в настоящее время не достигнут необходимый уровень оснащения органов управления всех уровней современными комплексами средств автоматизации, особую актуальность приобретает поиск новых способов и методов повышения качества функционирования системы управления за счет совершенствования организации работы органов управления.*

*Experience of modern wars and confrontations shows that the success of operations is in many respects defined by management efficiency armies. It, in turn, demands a high level of development of a control system. In view of that now will not reach necessary level of equipment of controls of all levels modern complexes of means of automation, the special urgency is got by search of new ways and methods of improvement of quality of functioning of a control system at the expense of perfection of the organisation of work of controls.*

При решении любой задачи, в том числе выполнении мероприятий организации боевых действий, главным критерием эффективности работы органов управления является способность выполнить поставленные задачи за установленное время.

При организации боевых действий командующий и штаб объединения руководствуются определенными правилами, применяют различные приемы и способы, которые взаимосвязаны между собой и характеризуются относительно четкой постановкой решаемых задач или выполняемых работ; регламентацией времени выполнения работ; возможностью привлечения конкретного состава исполнителей; упорядоченностью работ по последовательности проведения. Принятие решения на использование сил и средств штаба объединения в ходе организации боевых действий может осуществляться на основе субъективного (интуитивного, неформального) подхода или в результате использования специального математического аппарата, описывающего закономерности развития той или иной ситуации [1–4].

Одним из путей решения данной задачи является повышение оперативности работы штаба в принятом цикле управления [3, 4].

К показателям оперативности относятся [3, 4]:

математическое ожидание времени управления  $M_T$ ;

вероятность завершения цикла управления в заданное время  $P_y$ .

При этом в качестве математического ожидания времени управления принимается продолжительность критического пути в принятом цикле  $T_k$ , а вероятность завершения цикла управления в заданное время определяется по формуле [1]

$$P_y = \frac{1}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{T_{дир} - T_k}{\sigma_y} \right) \right], \quad (1)$$

где  $T_{дир}$  – директивный срок окончания цикла управления;

$\Phi$  – приведенная функция Лапласа;

$\sigma_y$  – среднеквадратическое отклонение времени выполнения работ должностных лиц по организации боевых действий.

Целевая функция выбора рационального порядка работы штаба объединения по организации боевых действий имеет вид [2]

$$U = \min \{M_{T_v}\}, \text{ при } S = \text{const}, M_T < T_{\Pi}, \quad (2)$$

где  $S$  – состав сил и средств штаба объединения;

$T_{\Pi}$  – время от получения боевой задачи до готовности к боевым действиям.

При современном состоянии средств автоматизации управления повышение оперативности в работе штаба объединения при организации боевых действий возможно за счет определения рационального объема и последовательности выполнения работ по этапам планирования боевых действий, перераспределения выполняемых мероприятий между этапами работы с ориентацией на приоритетную подготовку данных, необходимых для принятия решения, а также являющихся исходными для работы взаимодействующих органов управления, целесообразного распределения работ между исполнителями и назначения обоснованных сроков их исполнения [2].

Наиболее полную характеристику времени управления можно получить одним из широко применяемых методов для решения такого рода задач – методом сетевого планирования и управления [1]. Сетевые методы позволяют находить решение задачи рационального распределения обязанностей для завершения работ в указанный срок, однако составление сетевого графа возможно лишь при наличии обоснованного порядка выполнения мероприятий. Определение порядка работ только на основе времени их выполнения нельзя признать обоснованным, так как уровень подготовки должностных лиц и структурных подразделений штабов различается. Для определения порядка выполнения работ в качестве исходных данных необходимо иметь такие, которые не зависели бы от человеческого фактора. Ими являются потоки информации, циркулирующие в штабе объединения в процессе организации боевых действий [4]. Следовательно, необходимо на основе описания потоков информации, их анализа и оценки определить последовательность формирования документов и блоков данных, маршруты их движения, взаимосвязи с другими в процессе управления.

Исследование данного вопроса целесообразно проводить с помощью матричной информационной модели [4]. В ней в единообразной форме представляются конкретные данные, характеризующие деятельность всей исследуемой системы в целом. Матричная информационная модель позволяет отразить во взаимосвязанной форме характеристику работы как структурных подразделений штаба, так и подчиненных и взаимодействующих органов управления, участвующих в организации боевых действий, выявить необходимые сведения о документах, являющихся исходными для формирования последующих, а также определить направленность информационных потоков, документов и последовательность их обработки.

Матричная информационная модель работы штаба объединения состоит из четырех квадрантов, каждый из которых имеет свое специфическое содержание и назначение (рисунок 1).

В 1-м квадранте отражаются документы, информационные блоки, разрабатываемые штабом объединения в процессе управления. Он имеет одинаковое наименование по строкам и столбцам. Этот квадрант характеризует процесс проведения оперативных расчетов, формирования документов и информационных блоков и использования их для разработки других документов. Каждый столбец квадранта показывает, какая информация используется для формирования данного документа (информационного блока), наименование которого записано в столбце, а любая строка – сколько раз и для создания каких документов (информационных блоков) используется документ (информационный блок) данной строки.

Во 2-м квадранте наименование строк совпадает с наименованием строк 1-го квадранта. По столбцам дается наименование органов управления, которым поступают документы (информационные блоки) от штаба объединения. Таким образом, 2-й квадрант характеризует связи исследуемого объекта со всеми другими органами, участвующими в планировании подготовки и ведения операции, а также с подчиненными войсками.

В квадранте 3 наименование столбцов совпадает с наименованием столбцов 1-го квадранта. Содержание строк этого квадранта – входящие документы (информационные

блоки) от других органов управления. Столбцы 3-го квадранта – продолжение соответствующих столбцов 1-го квадранта. Они характеризуют использование получаемой от других органов информации для формирования документов (информационных блоков) по управлению. Соответственно, строки 3-го квадранта показывают использование поступающей информации в штабе объединения. Таким образом, в этом квадранте отражаются все документы (указания, сведения, данные и т. п.), поступающие от других органов, а также направления их использования, что характеризует связи штаба объединения с другими органами по линии получения необходимой информации.

В 4-м квадранте содержание строк совпадает с 3-м квадрантом, а содержание столбцов – со 2-м квадрантом. Он отражает передачу входящей информации для последующей обработки в другие органы.

		1	2	...	8	9	...	76	...	1	...	4	...
		План оборонительной операции объединения	ПЗ к плану оборонительной операции объединения		Боевой приказ	Предварительное боевое распоряжение		Данные и предложения для принятия решения		Штабы механизированных соединений		Штаб артиллерийской воинской части	
1	План оборонительной операции объединения	0	0		0	0		0		0		0	
2	ПЗ к плану оборонительной операции объединения	0	0		0	0		0		0		0	
...													
8	Боевой приказ	1	1		0	0		1		0		0	
9	Предварительное боевое распоряжение	1	1		1	0		1		0		1	
...													
76	Данные и предложения для принятия решения	1	1		1	0		0		0		0	
1	Директива ГШ ВС РБ	1	1		1	1		1		0		0	
...					3							4	

Рисунок 1 – Матричная информационная модель

Каждый из квадрантов информационной модели работы штаба объединения имеет свое строгое, специфическое предназначение. Однако только информационная модель в целом позволяет отразить реально существующие взаимные связи штаба объединения с другими органами управления и подчиненным войсками.

1-й и 2-й квадранты, вместе взятые, показывают процесс разработки документов (информационных блоков) по управлению и выход (передачу) их в другие органы и подчиненные войска.

1-й и 3-й квадранты отражают процесс формирования документов (информационных блоков) в штабе объединения. 2-й и 4-й квадранты отражают выход всех документов (сведений, данных), которые разрабатываются в штабе объединения или поступают из других органов управления. Они дают полное представление о взаимосвязях штаба



объединения с другими органами, т. е. характеризуют потоки информации. 3-й и 4-й квадранты отражают использование, контроль или простую переписку документов (сведений, данных), необходимых в управленческой деятельности штаба.

Заполнение позиций всех квадрантов матричной информационной модели работы штаба объединения осуществляется посредством проставления знаков «1» и «0». Знак «1» в 1-м и 3-м квадрантах указывает, какие документы (информационные блоки) необходимы для разработки данного документа (информационного блока), во 2-м и 4-м квадрантах – указывает орган управления, в который поступает информация. Знак «0» показывает на отсутствие связей между документами (информационными блоками) и маршрутами движения.

Путем преобразований 1-го квадранта информационной модели определяется порядок разработки документов (информационных блоков). Очевидно, что отсутствие знаков «1» в каком-либо столбце указывает на то, что данный документ (информационный блок) не использует при своей разработке сведений из других документов (информационных блоков), т. е. он может быть отработан в первую очередь. В дальнейшем последовательным преобразованием матрицы путем исключения нулевых столбцов и соответствующих им строк определяются уровни разработки документов (информационных блоков) штабом объединения. Документы (информационные блоки) одного уровня могут разрабатываться в произвольной последовательности, так как они не имеют логических связей между собой. Располагая строки и столбцы в порядке возрастания номеров уровней, получаем преобразованную матричную информационную модель (рисунок 2).

	9	76	8	...	2	1	1	...	4	...
	Предварительное боевое распоряжение	Данные и предложения для принятия решения	Боевой приказ		ПЗ к плану оборонительной операции объединения	План оборонительной операции объединения	Штабы механизированных соединений		Штаб артиллерийской воинской части	
9	Предварительное боевое распоряжение	1	1	1	1	1	1	0	0	
76	Данные и предложения для принятия решения	0	0	0	1	1	0	0	0	
8	Боевой приказ	0	0	0	1	1	1	0	0	
...										
2	ПЗ к плану оборонительной операции объединения	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	План оборонительной операции объединения	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Директива ГШ ВС РБ	0	1	1	1	1	0	0	0	
...										

Рисунок 2 – Преобразованная матричная информационная модель

Нетрудно заметить, что матрица приведена к треугольному виду. Это свидетельствует о том, что расположение строк и столбцов данной матрицы указывает на целесообразный порядок разработки документов (информационных блоков).

Таким образом, результаты матричного моделирования деятельности штаба объединения позволяют:

определить рациональную последовательность разработки документов;

определить целесообразный порядок поступления и сбора информации, необходимой для планирования подготовки и ведения операции;

рационально распределить функциональные обязанности офицеров штаба с учетом равномерной загруженности исполнителей в принятом цикле управления;

определить состав необходимой информации для разработки документов (информационных блоков) последующих уровней и выполнения работ к определенному этапу (выработка замысла, принятие решения и др.);

определить последовательность выдачи информации другим органам управления и подчиненным войскам;

определить максимальные сроки выполнения работ, задаваясь директивным временем доклада данных и предложений для выработки замысла и принятия решения командующим.

Используя полученную в результате матричного моделирования рациональную последовательность мероприятий разрабатывается сетевая модель работы штаба объединения. При этом каждой работе даются ее временные оценки. Модель целесообразно разрабатывать по трем основным этапам: определение замысла операции, завершение принятия решения и планирование операции.

В соответствии с составом штаба объединения и данными матричного моделирования работы распределяются между должностными лицами. Распределение обязанностей осуществляется таким образом, чтобы обеспечивалось выполнение требований о минимизации времени управления (выражение (2)), равномерности загрузки исполнителей и своевременности завершения цикла управления.

Коэффициенты, оценивающие загрузку должностных лиц штаба ( $K_n$ ), рассчитываются по формуле [2]

$$K_n = \frac{t_n}{T_{\max}^n},$$

где  $t_n$  – суммарные временные затраты каждого исполнителя;

$T_{\max}^n$  – максимальная продолжительность выполнения всего комплекса работ  $n$  исполнителями.

При различии коэффициентов загрузки должностных лиц штаба объединения между собой не более 5 % можно полагать, что вариант распределения работ между исполнителями является рациональным. В другом случае целесообразно произвести перераспределение работ между исполнителями.

Вероятность завершения цикла управления в установленные сроки определяется в соответствии с выражением (1). Распределение обязанностей должностных лиц штаба объединения в каждом цикле управления должно быть таким, чтобы с вероятностью  $P_y = 0,9$  (в соответствии с предъявляемыми требованиями к оценке надежности систем военного назначения) математическое ожидание времени завершения принятых циклов управления не превосходило заданной величины. При выполнении перечисленных условий порядок работы штаба объединения может считаться рациональным и принят за основу в практической работе.

Таким образом, приведенные выше основные положения позволяют обосновать, формально оценить и выработать рациональный порядок работы штаба объединения в конкретных условиях обстановки.

#### Список литературы

1. Иванов, П. И. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле / П. И. Иванов. – Монино: ВАА, 1991. – 512 с.

2. Алтухов, П. К. Основы теории управления войсками / П. К. Алтухов. – М.: Воениздат, 1984. – 208 с.
3. Иванов, П. И. Методы оптимизации / П. И. Иванов, В. Г. Соболевская. – Монино: ВАА, 1989. – 206 с.
4. Барабанов, В. В. Метод оптимизации количественного состава и организации органов управления / В. В. Барабанов // Воен. радиоэлектроника. – 1991. – № 1. – 63 с.

\*Сведения об авторах:

Шкуратов Евгений Александрович.

Шлакунов Виталий Валерьевич.

Лазарь Игорь Альбертович.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 12.11.2014 г.

## ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА ОГНЕВЫХ ЗАДАЧ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАКЕТНЫМИ ВОЙСКАМИ И АРТИЛЛЕРИЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ ОПЕРАЦИЯХ

УДК 355.4

В. В. Шлакунов, М. С. Гремчук, В. П. Шлакунов\*

*В статье предлагается научно-методический аппарат обоснования объема огневых задач, выполняемых ракетными войсками и артиллерией в современных операциях, на основе максимизации степени поражения группировки противника при заданном расходе боеприпасов.*

*In article the scientific methodical apparatus of a substantiation of volume of fire problems carried out by rocket armies and artilleries in modern operations on the basis of maximisation of defeat degree of opponent grouping at the set expense of ammunition is offered.*

Ракетные войска и артиллерия в современных операциях оперативных объединений выполняют возложенные на них задачи по поражению: танковых и мотопехотных подразделений противника, пунктов управления войсками и оружием, батарей (взводов) РСЗО, артиллерийских (минометных) подразделений, объектов авиационной и противовоздушной группировки противника, десантно-диверсионных подразделений, наземных средств разведки, объектов промышленного комплекса, коммуникаций, инфраструктуры и множества других объектов противника [1–3].

Такое многообразие задач требует обобщенной характеристики. В качестве обобщенной характеристики объема огневых задач целесообразно использовать математическое ожидание степени снижения боевых возможностей противника, являющееся следствием их выполнения и определяемое выражением [4]

$$O_{\text{в}} = \max\{W_r\} = \max \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m W_{o_{\text{в}}j}}{\Pi_r} \right\}, \text{ при } P = \text{const}, \quad (1)$$

где  $W_r$  – математическое ожидание ущерба, наносимого объектам  $j$ -го класса;

$m$  – количество планируемых (выполняемых) огневых задач (ракетных ударов);

$i$  – количество вариантов боевого применения РВиА;

$W_{o_{\text{в}}j}$  – математическое ожидание ущерба, наносимого объектам  $j$ -го класса;

$\Pi_r$  – суммарные боевые возможности объектов группировки противника до воздействия по ним средств поражения;

$P$  – выделенный ресурс, для которого определяются огневые возможности (количество расчетных боеприпасов и количество расчетных огневых средств).

Принимая во внимание то, что в современных операциях огневые возможности РВиА ( $O_{\text{в}}$ ) – это объем задач, которые могут быть выполнены формированиями РВиА в целом за определенное время или установленным расходом боеприпасов [2], и анализируя выражение (1), необходимо отметить, что огневые возможности группировки РВиА зависят не только от ее состава, но и от того, какие объекты противника предполагается поражать и сколько при этом расходовать выделенного ресурса.

Задача усложняется тем, что группировка противника будет состоять из различных объектов, важность которых зависит как от места в оперативном построении (боевом порядке), так и от множества других факторов, в том числе и времени, в ходе которого они реализуют свой боевой потенциал.

Учитывая, что задачей оценки огневых возможностей является определение максимально возможного объема задач (1) по снижению боевых возможностей группировки

противника в целом, их следует оценивать для условий рационального ведения боевых действий РВиА. Соответственно, при этом возникает задача рационального распределения выделенного ресурса боеприпасов в интересах максимальной реализации огневых возможностей РВиА. Целесообразность любого из вариантов решения этой задачи будет оцениваться величиной ущерба, наносимого противнику [3].

Очевидно, что в конкретных условиях боевых действий будет существовать вариант распределения имеющихся боеприпасов, при котором ущерб, наносимый противнику, будет максимальным.

При этом в каждом конкретном случае, в зависимости от состава противостоящей группировки противника и выделенного на операцию количества боеприпасов, а также условий нанесения ракетных ударов и ведения огня артиллерии, степень поражения объектов противника будет различной.

Распределение отпущенного ресурса боеприпасов для поражения объектов группировки противника в современных операциях осуществляется в соответствии с целевой функцией вида [4]

$$U = \max_i W_r = \max_i \sum_{j=1}^m n_j P_j W_{o.zj} \quad (2)$$

с учетом ограничений на решение задачи

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m n_j P_j N_j \leq N_r; \\ N_j \geq 0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $m$  – число групп, на которые делятся основные объекты группировки противника;

$n_j$  – предполагаемое количество объектов  $j$ -го класса в группировке противника;

$i$  – количество вариантов боевого применения РВиА;

$P_j$  – ожидаемая степень вскрытия объектов  $j$ -го класса к концу рассматриваемого периода боевых действий;

$N_j$  – расход снарядов (ракет), назначенный для поражения объектов  $j$ -го класса;

$N_r$  – количество боеприпасов, выделенных на период боевых действий;

$W_{o.zj}$  – математическое ожидание ущерба, наносимого объектам  $j$ -го класса.

Для решения данной задачи используется метод неопределенных множителей Лагранжа [5].

Определение рационального расхода боеприпасов на выполнение огневой задачи по поражению объекта  $j$ -го класса  $N_j^0$  осуществляется согласно выражению [5]

$$N_j^0 = \frac{1}{C_j} \left[ \ln A_j C_j + \frac{N_r - \sum_{j=1}^m \frac{n_j P_j \ln A_j C_j}{C_j}}{\sum_{j=1}^m \frac{n_j P_j}{C_j}} \right] \text{ при } N_j^0 \geq 0, \quad (4)$$

где  $C_j$  – коэффициент аппроксимации аналитической зависимости для показателя эффективности отдельной огневой задачи:

$$C_j = -\frac{\ln(1 - W_{o.zj})}{N_j} \quad (5)$$

При рациональном расходе боеприпасов значение показателя эффективности выполнения отдельной огневой задачи ( $W_{0,3}$ ) определяется с использованием выражения

$$W_{0,3} = 1 - e^{-C_j N_j} \quad (6)$$

где  $N_j^0$  – рациональный расход снарядов, назначенный для поражения объектов  $j$ -го класса.

Решение задачи осуществляется с учетом следующих особенностей:

1. Для вычисления коэффициента аппроксимации  $C_j$  по зависимости (5), используемой при определении  $N_j^0$  по выражению (4), необходимо иметь исходное распределение  $N_j$ . Эту операцию предусматривается осуществлять распределением боеприпасов пропорционально коэффициентам важности объектов:

$$N_j = N_r \frac{A_j}{\sum_{j=1}^m n_j P_j A_j} \quad (7)$$

2. При получении  $N_j^0 < 0$  необходимо повторить расчеты по распределению боеприпасов после исключения объекта  $j$ -го типа из перечня поражаемых объектов.

3. При определении  $W_{0,3}$  по матрице  $W_{0,3..} = \|M \times m\|$  с учетом выражения (4) уточняется расход боеприпасов:

$$N_{гр}^1 = \frac{[\ln(1 - \sqrt{M_j / P_{гj} P_j})]^2}{0,074} \frac{E_{г0j} E_{H0j}}{S_{n_j}^m} \quad (8)$$

где

$$S_{n_j}^m = \sum S_{n_j} \mu_{1j} \quad (9)$$

4. Итерации осуществляются из условия достижения требуемой точности вычисления степени снижения боевых возможностей группировки:

$$\left| \frac{W_{0,3k} - W_{0,3k-1}}{W_{0,3k}} \right| \leq \varepsilon_{доп}^N \quad (10)$$

$$W_{0,3k} = \frac{\sum_{j=1}^m n_j P_j A_j W_{0,3kj}}{\sum_{j=1}^m n_j A_j} \quad (11)$$

где  $k$  – номер итераций;

$m$  – количество типов объектов в группировке противника;

$A_j$  – коэффициент важности (соизмеримости) объекта  $j$ -го типа;

$P_j$  – вероятность вскрытия объектов  $j$ -го типа;

$n_j$  – ожидаемое количество объектов  $j$ -го типа в составе группировки противника.

5. Полученное распределение  $N_j^0$  проверяется на выполнение условия

$\left| N_j - \sum_{j=1}^m N_j P_j N_j^0 \leq 0,01 \right|$ . При невыполнении указанного условия осуществляется повторное

вычисление  $N_j^0$ ,  $M_j^0$  и  $W_{0,3}^0$ .

Учитывая, что параметр  $C_j$  зависит от  $W_{0,3}$ , который определяется значением  $N^0$ , задачу отыскания рационального варианта распределения боеприпасов целесообразно решать с использованием ЭВМ методом последовательных приближений.

При этом необходимо описать и формально представить (в виде матрицы) законы, устанавливающие связи между степенью поражения объекта  $M$  и расходом боеприпасов, между степенью поражения и показателем эффективности полных потерь  $W_{0,3}$ . При этом характер зависимости между  $M_j$  и  $W_{0,3}$  должен определяться типом объекта, его важностью, временем небоеспособности, условиями поражения.

Показателем эффективности выполнения отдельной огневой задачи  $W_{0,3}$  является степень снижения боевого потенциала группировки противника вследствие воздействия на объект конкретного типа выделенными для этого силами и средствами огневого поражения:

$$W_{0,3,j} = A_j(t) - M \left[ A_j^*(t) \right], \quad (12)$$

где  $A_j(t)$  – коэффициент важности объекта, рассчитанный в предположении, что по нему не будет осуществлено воздействие средств поражения;

$A_j^*(t)$  – коэффициент важности, рассчитанный с учетом возможного результата воздействия средств поражения.

В реальных условиях операции (боя) поражение  $j$ -го объекта будет происходить в различных условиях, поэтому согласно исследованиям [5], выражение для определения математического ожидания наносимого противнику ущерба, приходящегося на  $j$ -ю огневую задачу, в общем виде можно записать как

$$W_{0,3,j} = \iint_{\Omega} \dots \int W_{0,3,j}(Y_1, Y_2, \dots, Y_l) \varphi(Y_1, Y_2, \dots, Y_l) dY_1 dY_2 \dots dY_l, \quad (13)$$

где  $Y_1, Y_2, \dots, Y_l$  – переменные, описывающие условия выполнения огневых задач  $j$ -го класса;

$\varphi(Y_1, Y_2, \dots, Y_l)$  – функция плотности распределения возможных условий выполнения огневых задач  $j$ -го класса;

$\Omega$  – область существования подынтегральной функции;

$l$  – количество условий, влияющих на величину показателя эффективности выполнения огневых задач.

Чтобы воспользоваться формулами типа (13), необходимо знать функцию плотности распределения возможных значений переменных. Данная задача имеет большую размерность и сложность решения, при этом согласно исследованиям [5] определено, что влияние вида закона распределения случайного аргумента на значение математического ожидания функции незначительно и на оптимизацию плана ОПП не влияет.

Поэтому при расчетах, связанных с определением средней степени огневого поражения объекта (среднего ущерба), принимается

$$M \left[ W_{0,3,j} \right] = W_{0,3,j}(Y_1, Y_2, \dots, Y_l), \quad (14)$$

где  $Y_1, Y_2, \dots, Y_l$  – средние значения параметров, описывающих условия выполнения огневых задач  $j$ -го класса.

Описанию параметров, учет которых необходим при оптимизации решения по ОПП на различных уровнях командных инстанций, посвящен ряд исследований, где было обосновано, что при решении распределительных задач на этапе планирования ОПП на показатель эффективности вида (14) оказывают влияние: коэффициент важности  $j$ -го объекта  $A_j$ , степень поражения объекта  $M_j$ , время небоеспособности объекта  $t_{\text{нбс}}$  (как функция от степени поражения объекта), параметр  $a$ , учитывающий интенсивность взаимных потерь.

При этом доказано [4], что вид закона распределения времени небоеспособности объекта после огневого поражения не влияет на оптимизацию плана ОПП и может быть аппроксимирован законами: нормальным, равновероятным либо показательным.

Учитывая, что при решении распределительных задач на этапе планирования делается допущение об оптимальности применения РВиА, показатель эффективности  $W_{0.3}$  можно представить в виде [4]

$$W_{0.3j} = \begin{cases} A_j(t) \cdot M_j, & \text{если объект не противодействует нашим войскам;} \\ A_j(t) \cdot (1 - (1 - M_j)e^{-at_{\text{НБС}}}), & \text{если объект противодействует нашим войскам;} \end{cases} \quad (15)$$

где  $A_j(t)$  – коэффициент важности  $j$ -го объекта в расчетных единицах;

$M_j$  – степень поражения объекта;

$a$  – параметр, учитывающий скорость нанесения взаимных потерь за рассматриваемый период боевых действий;

$t_{\text{НБС}}$  – время небоеспособности  $j$ -го объекта в ходе и после огневого воздействия по нему.

Для определения степени поражения цели  $M_j$  может применяться любой из известных способов, отвечающих условиям выполнения огневой задачи. При планировании ОПП, когда делается допущение о наиболее выгодном способе обстрела, степень поражения цели можно рассчитывать по аналитической зависимости, описывающей равномерно-эллиптическое рассеивание, по формуле [5]

$$M = (1 - e^{-\frac{p}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{NS_n}{E_x E_z}}})^2, \quad (16)$$

исключающей необходимость использования вспомогательных графиков и таблиц.

С учетом дополнительных параметров, влияющих на величину  $M$ , формула примет вид [5]

$$M_j = \left[ \sum_{j=1}^m (1 - e^{-0,269 \sqrt{\frac{N_{kj} S_n}{E'_{g_0} E'_{H_0}}}})^2 \mu_{kj} \right] P_{g_j} \cdot P_{\text{СОБН}_j}, \quad (17)$$

где  $m$  – количество степеней защищенности элементарных целей объекта  $j$ -го типа;

$N_{kj}$  – расход боеприпасов (шт.);

$S_n, \mu_{kj}$  – характеристика поражающего действия боеприпаса и доля элементарных целей  $j$ -го типа в поражаемом объекте  $k$ -го вида;

$E'_{g_0}, E'_{H_0}$  – сведенные срединные ошибки, характеризующие точность стрельбы по объекту  $j$ -го типа с учетом его размеров:

$$\begin{aligned} E'_{g_0} &= \sqrt{E_{g_0}^2 + 0,038 \Gamma_{\text{ц}}}; \\ E'_{H_0} &= \sqrt{E_{H_0}^2 + 0,038 \Phi_{\text{ц}}}, \end{aligned} \quad (18)$$

$E_{g_0}, E_{H_0}$  – срединные отклонения, характеризующие точность стрельбы по объекту  $j$ -го типа в системе двух групп ошибок;

$\Phi_{\text{ц}}, \Gamma_{\text{ц}}$  – размеры типового (расчетного) объекта по фронту и глубине (м);

$P_{g_j}$  – вероятность достоверности нахождения объекта в разведанном районе;

$P_{\text{СОБН}_j}$  – вероятность своевременного обнаружения объекта.

При решении распределительных задач оценку эффективности применения средств



поражения целесообразно проводить по типовым (расчетным) объектам.

Учитывая, что на этапе планирования ОПП нет возможности предугадать, каким способом будут готовиться установки на поражение  $j$ -й цели, примем, что установки для стрельбы определяются способом полной подготовки, как основным.

При оценке степени огневого поражения объектов противника следует учитывать достоверность разведывательных сведений об объектах противника и своевременность их обнаружения, используя вероятностные оценки.

В качестве основного показателя достоверности разведывательных сведений целесообразно выбрать вероятность того, что разведанный объект не является ложным [6].

В настоящее время расчет значений достоверности объектов, вскрытых различными средствами разведки, осуществляется по формуле [6]

$$P_{g_j} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{g_{kj}}), \quad 0 \leq m_{g_j} \leq 1, \quad (19)$$

где  $P_{g_{kj}}$  – вероятность доверия  $j$ -му средству разведки при вскрытии объектов  $k$ -го типа.

Числовое значение величины  $P_{g_{kj}}$  определяется экспериментально.

Для расчета вероятности своевременности обнаружения объектов можно использовать выражение, полученное в [6]:

$$P_{\text{СОБН}} = F \left( \frac{\bar{T}_{\text{н}} - \bar{T}_{\text{п}}}{\rho \sqrt{2} \sqrt{\sigma_{T_{\text{п}}}^2 + \sigma_{T_{\text{н}}}^2}} \right), \quad (20)$$

где  $F$  – табличная функция распределения случайной величины при нормальном законе;

$\bar{T}_{\text{н}}$  – математическое ожидание времени пребывания объекта на позиции (мин);

$\bar{T}_{\text{п}}$  – математическое ожидание времени подготовки и нанесения огневого налета (мин);

$\sigma_{T_{\text{п}}}$  ( $\sigma_{T_{\text{н}}}$ ) – среднеквадратическое отклонение времени подготовки и нанесения огневого налета (времени нахождения объекта на позиции).

Математическое ожидание и дисперсию временных параметров рассчитывают по формулам:

$$\begin{cases} \bar{T} = \frac{3T_{\text{min}} + 2T_{\text{max}}}{5}; \\ \sigma^2 = \left( \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{6} \right)^2, \end{cases} \quad (21)$$

где  $T_{\text{max}}$  ( $T_{\text{min}}$ ) – максимальное (минимальное) время пребывания объекта на позиции.

Таким образом, с использованием указанного научно-методического аппарата, основанного на максимизации степени поражения группировки противника, при заданном расходе боеприпасов представляется возможным как обоснование объема огневых задач, выполняемых РВиА в современных операциях, так и определение огневых возможностей РВиА в огневом поражении противника и рационального расхода боеприпасов для поражения объектов группировки войск противника. В свою очередь, решение перечисленных задач обеспечивает повышение эффективности боевого применения РВиА в современных операциях оперативных объединений.

#### Список литературы

1. Мурзич, И. К. Боевое применение ракетных войск и артиллерии в современных общевойсковых операциях: моногр. / И. К. Мурзич, А. В. Лебедкин. – Минск: ВА РБ, 2007. – 72 с.

2. Синявский, В. К. Разработка теоретических положений по управлению ракетными войсками и артиллерией региональной группировки войск (сил) при организации и осуществлении огневого поражения противника в стратегической оборонительной операции: дис. ... д-ра воен. наук: 20.01.03 / В. К. Синявский. – Минск: ВА РБ, 2005. – 271 с.

3. Обоснование рациональных направлений инновационного развития Вооруженных Сил исходя из требований их готовности к отражению агрессии противника в условиях ведения современных войн. Шифр «Сеть»: отчет о НИР / НИИ ВС РБ; науч. рук. О. В. Воробей. – Минск, 2012. – 251 с.

4. Чудаков, Ю. В. Проблема учета противодействия противника при планировании ракетных ударов и огня артиллерии в ходе операции (боя) и пути ее решения: дис. ... д-ра техн. наук / Ю. В. Чудаков. – Л.: ВАА, 1975. – 320 с.

5. Бобриков, А. А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: воен.-теорет. тр. / А.А. Бобриков. – СПб.: Галерея Принт, 2006. – 424 с.

6. Богданов, А. А. Методология оценки эффективности комплексов и разведывательно-огневых систем ракетных войск и артиллерии: дис. ... д-ра техн. наук: 20.01.03 / А. А. Богданов. – СПб, 1994. – 479 с.

---

\*Сведения об авторах:

Шлакунов Виталий Валерьевич.

Гремчук Михаил Степанович.

Шлакунов Валерий Петрович

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 12.11.2014 г.

## 2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

### УЧЕТ СРЕДЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ТОЧКЕ ПРИЕМА

УДК 534.87

Р. В. Быков, А. В. Куренев\*

*В статье приводится методика математического моделирования спектральной структуры акустического сигнала при его распространении в воздушной среде. На примере импульсного сигнала выстрела показано изменение его структуры в зависимости от параметров воздушной среды.*

*In article the technique of mathematical modeling of spectral structures of an acoustic signal at its distribution to the air environment is resulted. On an example of a pulse signal of a shot change of its structure depending on parameters of the air environment is shown.*

#### Введение

Успешное ведение звукометрической разведки (ЗМР) зависит от ряда факторов, к которым относятся:

- 1) интенсивность (мощность) акустического сигнала, излучаемого источником;
- 2) условия распространения акустической волны (АВ);
- 3) эффективность устройств обработки акустических сигналов (АС).

Если первые два фактора являются независимыми от человека или расчета, который ведет ЗМР, то третий фактор в основном зависит от эффективности устройств обработки принимаемого АС. Эффективность устройств обработки определяется используемыми алгоритмами обработки и принятия решения. Структура оптимальных устройств обработки и принятия решения в свою очередь определяется используемой моделью АС.

Основными источниками акустических сигналов применительно к ЗМР могут быть:

стрелковое и артиллерийское вооружение, которое при выстреле (взрыве снаряда) формируют импульсные широкополосные или сверхширокополосные АС со сплошным спектром [1];

наземная техника и аэродинамические летательные аппараты, при работе двигательных установок которых формируются непрерывные АС с дискретным спектром [2].

При распространении в воздушной среде структура АС существенно изменяется. Наиболее важными факторами, оказывающими влияние на пространственную и спектральную структуры АС, принимаемого у поверхности земли, являются вязкость, теплопроводность и молекулярное поглощение воздуха [3]. Кроме того, на скорость распространения и затухание АС оказывают влияние средняя температура и влажность воздушной среды.

Таким образом, для определения структуры АС в точке приема необходимо учитывать влияние параметров среды распространения.

#### Основная часть

Полагая, что АС принимается ненаправленной акустической приемной антенной, его временная структура в точке приема может быть описана следующим выражением [3]:

$$p_{s\_pr}(t, R_{sf}, v) = K_P(R_{sf}, v) \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} G_{s\_ist}(\omega) D_{SR}(\omega, R_{sf}, v) \exp\left(i \frac{\omega R_{sf}}{c_a(v)}\right) \exp(i\omega t) d\omega, \quad (1)$$

где  $K_P(R_{sf}, v)$  – множитель, учитывающий уменьшение амплитуды давления фронта АВ при распространении, который в основном обусловлен сферичностью расхождения фронта волны;  $R_{sf}$  – расстояние между источником и точкой приема АС;  $G_{s\_ist}(\omega)$  – спектр АС источника;  $\omega$  – круговая частота;  $D_{SR}(\omega, R_{sf}, v)$  – множитель, представленный некомплексной величиной, учитывающий затухание сигнала на разных частотах;

$\exp\left(i \frac{\omega R_{sf}}{c_a(v)}\right)$  – множитель, учитывающий фазовый набег, обусловленный расстоянием;  $c_a(v)$  – скорость звука;  $v$  – вектор параметров воздушной среды, который включает температуру  $T$ , относительную влажность  $u_{ov}$  и давление  $p_a$  воздуха.

Скорость звука  $c_a(v)$  с учетом параметров среды, а также направления и скорости ветра может быть представлена выражением [4]

$$c_a(v) = 20,1\sqrt{T} + 0,14ep_a^{-1} + V_v \cos \alpha_v, \quad (2)$$

где  $e u_{ov}, T = \frac{u_{ov}}{100} 0,61070 \cdot 10^{\frac{7,665(T-273,15)}{243,33+(T-273,15)}}$  – парциальное давление водяного пара, кПа;  $p_a$  – давление воздуха, кПа;  $V_v$  и  $\alpha_v$  – скорость и направление ветра относительно звукового луча (линии источник – точка приема АС);  $u_{ov}$  – относительная влажность воздуха, %.

Первый множитель  $K_p(R_{sf}, v)$  в выражении (1), который не зависит от частоты сигнала, в простейшем случае может быть описан выражением  $K_p(R_{sf}, v) = 0,5R_{sf}^{-1}\pi^{-1/2}$ .

Второй множитель  $D_{SR}(\omega, R_{sf}, v)$  в выражении (1) принято описывать экспоненциальной зависимостью вида [5, 6]

$$D_{SR}(\omega, R_{sf}, v) = \exp[-m_z(\omega, v) R_{sf}], \quad (3)$$

где  $m_z(\omega, v)$  – суммарное погонное затухание АС на разных частотах  $\omega$  в зависимости от параметров среды  $v$ .

Суммарное погонное затухание можно представить в виде [3, 4]

$$m_z(\omega, v) = m_{z\_kl}(\omega, v) + m_{z\_vr}(\omega, v) + m_{z\_kol O}(\omega, v) + m_{z\_kol N}(\omega, v), \quad (4)$$

где  $m_{z\_kl}(\omega, v)$  – классическое поглощение АС;  $m_{z\_vr}(\omega, v)$  – составляющая, обусловленная вращательной релаксацией молекул воздуха;  $m_{z\_kol O}(\omega, v)$  и  $m_{z\_kol N}(\omega, v)$  – составляющая, обусловленная колебательной релаксацией молекул кислорода и азота в воздухе.

Составляющие  $m_{z\_kl}(\omega, v)$  и  $m_{z\_vr}(\omega, v)$  практически не зависят от влажности, что позволяет объединить их в один коэффициент

$$m_{z\_kl, vr}(\omega, v) = m_{z\_kl}(\omega, v) + m_{z\_vr}(\omega, v) = 1,84 \cdot 10^{-11} T/T_0^{1/2} p_0/p_a \omega/2\pi^2, \quad (5)$$

где  $T_0 = 293,15^\circ \text{K}$  и  $p_0 = 101,3 \text{ кПа}$  – опорные значения температуры и давления.

Составляющие  $m_{z\_kol O}(\omega, v)$  и  $m_{z\_kol N}(\omega, v)$  определяются однотипным выражением

$$m_{z\_kol O N}(\omega, v) = \frac{\chi_{O(N)}}{35} \left(\frac{\theta_{O(N)}}{T}\right)^2 \exp\left(-\frac{\theta_{O(N)}}{T}\right) \frac{\omega}{c} \left\{ \frac{2\omega/[\omega_{r\_O(N)} v]}{1 + [2\omega/[\omega_{r\_O(N)} v]]^2} \right\}, \quad (6)$$

где  $\omega_{r\_O(N)} v$  – круговая частота релаксации кислорода (азота), рад/с;  $c = 343,23 T/T_0^{1/2}$  м/с;  $\theta_{O(N)}$  – характерная колебательная температура, причем  $\theta_O = 2239,1 \text{ K}$ ,  $\theta_N = 3350,0 \text{ K}$ ;  $\chi_{O(N)}$  – молярная концентрация фракции, являющаяся безразмерной величиной, причем  $\chi_O = 0,209$ ,  $\chi_N = 0,781$ .

Релаксационные частоты  $\omega_{r\_O(N)} \nu$  в зависимости от параметров среды определяется как:

$$\omega_{r\_O} \nu = 2\pi \frac{p_a}{p_0} \left[ 24 + 4,41 \cdot 10^4 h \nu \right] \frac{0,05 + h \nu}{0,391 + h \nu};$$

$$\omega_{r\_N} \nu = 2\pi \frac{p_a}{p_0} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{-1/2} \left\{ 9 + 350 h \nu \exp \left[ -6,142 \left( \frac{T}{T_0} \right)^{-1/3} - 1 \right] \right\}, \quad (7)$$

где  $h \nu = e u_{ov} T p_a^{-1}$  – молярная концентрация водяного пара, %.

### Методика математического моделирования структуры АС в точке приема при известной структуре АС в точке излучения

Методика математического моделирования (ММ) структур АС в точке приема предполагает последовательность следующих действий:

1) полагается, что спектральная (временная) структура АС  $G_{s\_ist}(\omega)$  в точке излучения известна;

2) полагая, что давление  $p_a$ , относительная влажность  $u_{ov}$  и температура воздуха  $T$  известны, в соответствии с выражениями (4)–(7) в зависимости от частоты  $\omega$  определяется суммарное погонное затухание АС  $m_z(\omega, \nu)$ ;

3) полагая, что скорость  $V_\nu$  и направление  $\alpha_\nu$  ветра относительно звукового луча известны, в соответствии с выражением (2) определяется скорость звука  $c_a(\nu)$ ;

4) в соответствии с выражениями (1) и (3) при известной или задаваемой дальности между приемником и источником АС  $R_{sf}$  определяется временная (спектральная) структура АС в точке приема  $p_{s\_pr}(t)$ .

Иногда на практике встречается задача определить спектральную (временную) структуру АС в точке излучения  $G_{s\_ist}(\omega)$  при известных параметрах воздушной среды и временной структуре АС в точке приема  $p_{s\_pr}(t)$ .

В этом случае спектральная структура АС источника может быть определена как

$$G_{s\_ist}(\omega) = D_{SR}^{-1}(\omega, R_{sf}, \nu) \exp \left( -i \frac{\omega R_{sf}}{c_a(\nu)} \right) \int_0^\infty p_{s\_pr}(t, R_{sf}, \nu) \exp(-i\omega t) dt. \quad (8)$$

Временная структура АС источника определяется обратным преобразованием Фурье от спектра этого АС  $G_{s\_ist}(\omega)$ , которое получено в соответствии с выражением (8).

Анализ изменения временной и спектральной структур АС при его распространении в свободном воздушном пространстве проведено ММ.

### Основные результаты математического моделирования влияния параметров воздушной среды на структуру АС

Для наглядности в качестве источника выбраны три АС выстрела [7] с длительностью фронта избыточного давления (ФИД)  $t_+$ , равном 0,5 мс, 1 мс и 2 мс. Нормированные временные и спектральные структуры этих сигналов представлены на рисунке 1.

Результаты расчетов зависимостей суммарного погонного затухания АС  $m_z(f, \nu)$  от параметров воздушной среды и частоты АС представлены на рисунке 2. При этом использованы следующие исходные данные:

давление воздуха  $p_a$  принималось равным 101,3 кПа;

относительная влажность воздуха  $u_{ov}$  принималась равной 20 % (рисунок 2, а), 50 % (рисунок 2, б) и 80 % (рисунок 2, в);

температура воздуха  $T$  принималась равной  $-20$  °С (кривая 1),  $0$  °С (кривая 2) и  $20$  °С (кривая 3).

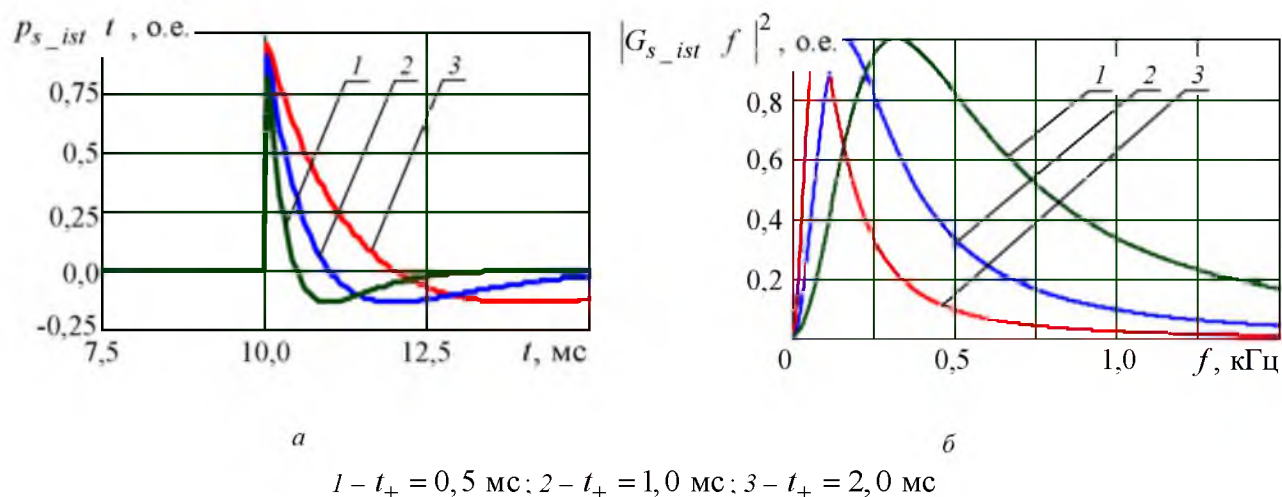


Рисунок 1 – Нормированные временные (а) и спектральные (б) структуры АС

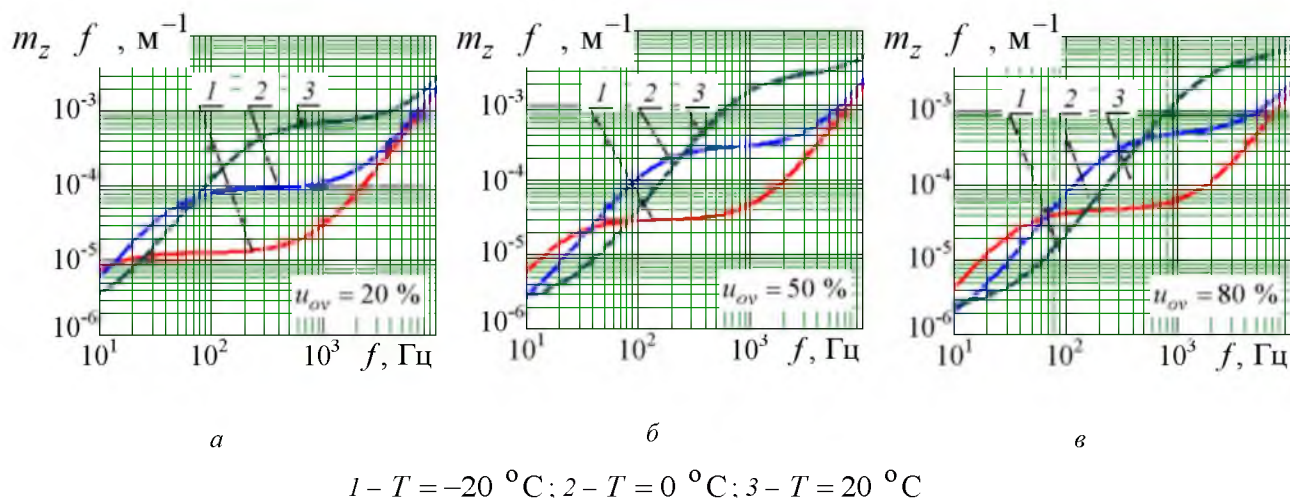


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента погонного затухания от частоты сигнала при относительной влажности 20 % (а); 50 % (б); 80 % (в)

Результаты моделирования, представленные на рисунке 2, показывают, что в области низких частот характеристика затухания имеет всплеск. В этой области затухание в основном обусловлено колебательной релаксацией молекул кислорода и азота в воздухе. В области более высоких частот, где кривые  $m_z f$  как бы «проседают», затухание является классическим и обусловлено релаксацией молекул воздуха.

В качестве примера на рисунке 3 представлены временные и спектральные структуры АС, которые распространяются на дальность  $R_{sf} = 2000$  м при температуре воздуха  $T = 20$  °С, относительной влажности  $u_{ov} = 50$  % и нормальном атмосферном давлении  $p_a = 101,3$  кПа.

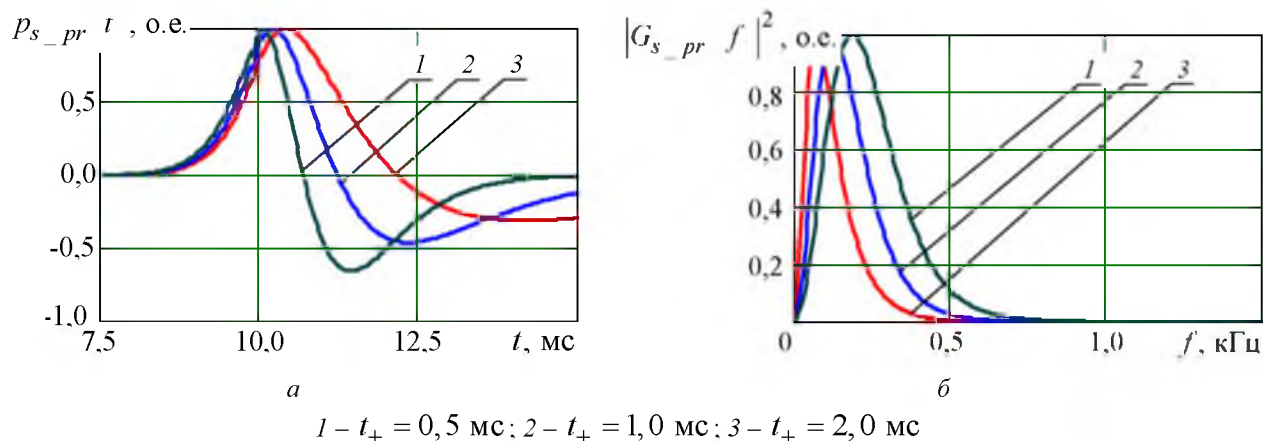


Рисунок 3 – Нормированные временные (а) и спектральные (б) структуры АС

Как видно из рисунка 3, ширина спектра АС в точке приема уменьшилась в 1,23, 1,7 и 2,5 раза по сравнению со спектром АС источника для сигнала с длительностью ФИД 2,0 мс, 1,0 мс и 0,5 мс, соответственно. При этом положение максимума спектра сместилось в область более низких частот на 5 Гц, 34 Гц и 127 Гц для АС выстрелов с длительностью ФИД у источника 2,0 мс, 1,0 мс и 0,5 мс, соответственно.

На рисунках 4 и 5 представлены зависимости уровней сужения и смещения максимумов спектров. При этом относительный уровень сужения спектра вычислялся как

$$\Delta_u = \Delta f_{s\_ist} / \Delta f_{s\_pr},$$

где  $\Delta f_{s\_ist}$  и  $\Delta f_{s\_pr}$  – ширина спектра АС у источника и приемника, соответственно.

Уровень смещения максимума спектра вычислялся в виде

$$\Delta_{sm} = f_{m\_ist} - f_{m\_pr},$$

где  $f_{m\_ist}$  и  $f_{m\_pr}$  – положение максимума спектра АС у источника и приемника, соответственно.

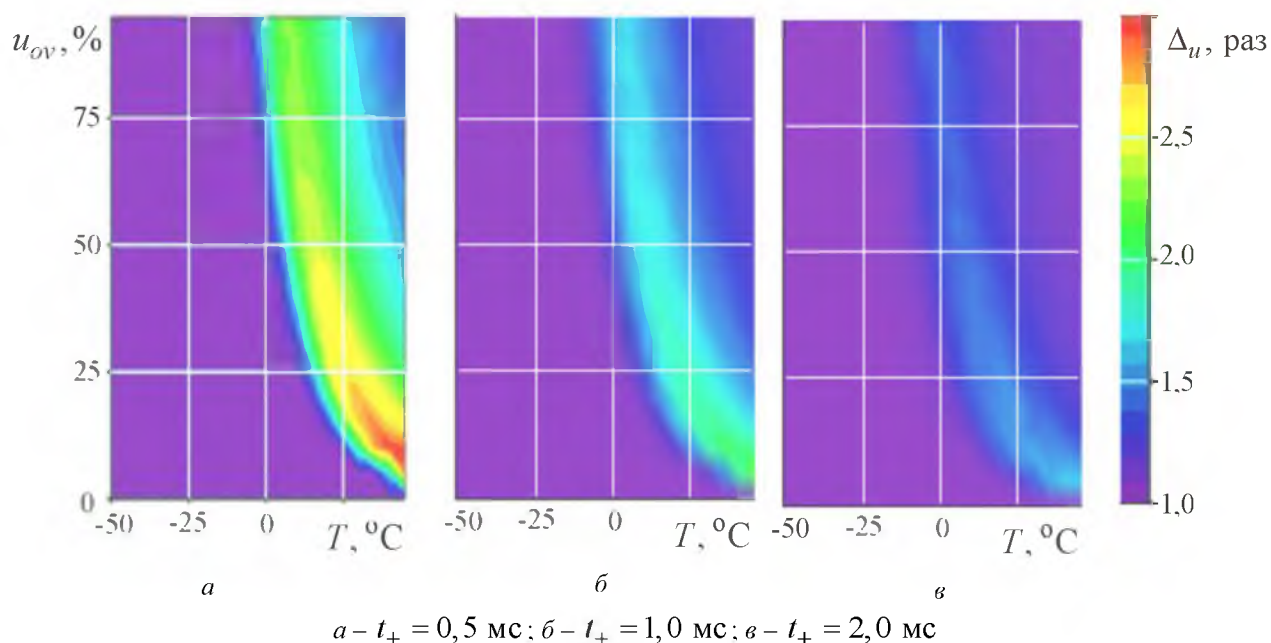


Рисунок 4 – Зависимость уровня сужения спектра АС от температуры и относительной влажности при длительности ФИД у источника

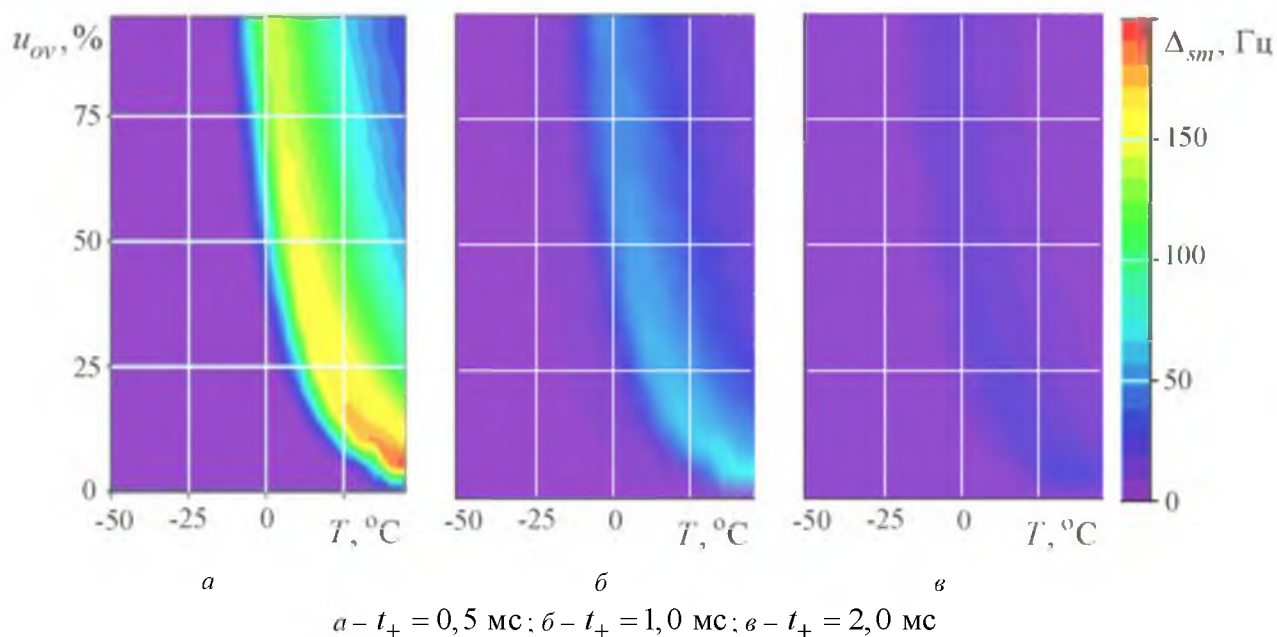


Рисунок 5 – Зависимость уровня смещения максимума спектра АС от температуры и относительной влажности при длительности ФИД у источника

Предельные значения относительных уровней сужения и смещения максимума спектров, которые представлены на рисунках 4 и 5, сведены в таблицу.

Таблица – Предельные значения уровней сужения и смещения максимума спектров

Измеряемая величина	Длительность ФИД у источника, мс		
	0,5	1,0	2,0
$\Delta f_{s\_ist}$ , Гц	645	322	170
$\min \Delta f_{s\_pr}$ , Гц	200	137	98
$\max \Delta_u$ , раз	3,23	2,35	1,7
$f_{m\_ist}$ , Гц	317	161	80
$\min f_{m\_pr}$ , Гц	117	88	54
$\max \Delta_{sm}$ , Гц	200	73	26

Результаты ММ, представленные на рисунках 4 и 5, показывают, что минимальное затухание АС, как и искажения спектральной и временной структур, достигается при низких температурах воздуха. При высоких температурах и низкой влажности искажения спектра сигнала являются максимальными.

### Выводы

1. Уровень затухания для каждой частотной составляющей сигнала зависит от многих факторов, к которым можно отнести температуру, влажность воздуха и др. Затухание является частотно-зависимым и нелинейным, что приводит к значительному искажению спектра широкополосных или сверхширокополосных акустических сигналов при их распространении в свободном воздушном пространстве, особенно на больших расстояниях.

2. Разработанная методика математического моделирования позволяет определять структуру АС:

в точке приема при известных параметрах воздушной среды, дальности распространения и временной (спектральной) структуры сигнала излучателя, что позволяет



при ведении звукометрической разведки проводить дополнительную селекцию сигналов по дальности их распространения;

в точке излучения при известных параметрах воздушной среды, дальности распространения и временной (спектральной) структуры сигнала в точке приема, что в последующем позволит проводить классификацию или распознавание акустически активных объектов.

#### Список литературы

1. Быков, Р. В. Результаты экспериментальных исследований акустического сигнала дульной волны при выстреле в дальней зоне / Р. В. Быков, С. Р. Гейстер // Докл. БГУИР. – 2012. – № 8(70). – С. 100–105.

2. Гейстер, С. Р. Методика построения рефракционной картины акустического поля от летательных аппаратов на основе лучевой теории / Р. В. Быков, С. Р. Гейстер // Наука и воен. безопасность. – № 4. – С. 34–40.

3. Гейстер, С. Р. Эволюция временной и спектральной структур акустического сигнала выстрела (взрыва) при распространении в воздухе / Р. В. Быков, А. М. Джеки, С. Р. Гейстер // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2006. – № 4(17). – С. 67–75.

4. Атмосфера: справочник (справочные данные, модели). – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 510 с.

5. Исакович, М. А. Общая акустика: учеб. пособие / М. А. Исакович. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1973. – 496 с.

6. Красильников, В. А. Введение в физическую акустику: учеб. пособие / В. А. Красильников, В. В. Крылов. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 400 с.

7. Гейстер, С. Р. Обобщенные математические модели пространственной, временной и спектральной структур акустического сигнала выстрела / С. Р. Гейстер, Р. В. Быков // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2005. – № 2(11). – С. 76

---

\*Сведения об авторах:

Быков Руслан Викторович.

Куренев Александр Вячеславович.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 11.03.2014 г.

## ЭВРИСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ С УЧЕТОМ ИХ ПАРТИЙ

УДК 623.45

И. С. Желудок, С. Н. Хандошко\*

*В статье рассматривается задача перемещения боеприпасов, приводится ее математическая модель. Особенностью предлагаемой математической модели является учет партий боеприпасов при их перемещении, что в свою очередь относит рассматриваемую задачу к классу булева программирования. Для решения задачи предлагаются комбинированные эвристические алгоритмы, выполняется их описание.*

*In article the ammunition moving problem is analyzed, its mathematical model is given. The model feature is ammunition lot accounting while moving. It classes the problem to Boolean programming. For its solving combination heuristical algorithms are used, their description is given.*

Техническая эксплуатация боеприпасов является одним из дорогостоящих мероприятий в системе технического обеспечения Вооруженных Сил. В процессе эксплуатации боеприпасов возникают ситуации, когда требуется часть из них переместить в заданном объеме с одной базы хранения на множество других. Перемещение боеприпасов осуществляется, как правило, в объеме их партий и характеризуется большой трудоемкостью подготовки к отправке (извлечение из штабеля, перетаривание, погрузка и др.). При планировании перемещения боеприпасов перед инженерным составом любой базы хранения возникает задача: обосновать перечень партий боеприпасов, перемещаемых в заданном объеме на другие объекты, при этом общая трудоемкость подготовки к отправке должна быть минимально возможной.

Большое количество и разнообразие партий боеприпасов и факторов, влияющих на трудоемкость работ с ними, приводят к тому, что число вариантов распределения партий для перемещения на базы велико. Для повышения эффективности принятия решения на перемещение боеприпасов целесообразно использовать методы математического моделирования. Поэтому целью статьи является описание математической модели рассматриваемой задачи и разработанных эвристических алгоритмов для ее решения. Под эвристическими принято понимать алгоритмы, основанные на правдоподобных, но не обоснованных строго предположениях о свойствах оптимального решения задачи [1, 2]. Эвристические алгоритмы имеют малую сложность вычислений и часто выдают хорошие, близкие к оптимальным решения, их просто понять, легко запрограммировать.

Сформулируем задачу перемещения боеприпасов на базы хранения с учетом объемов их партий. Согласно исходным данным определяется база, с которой необходимо переместить боеприпасы на заданное число других объектов хранения. При этом объемы транспортирования известны и не превышают имеющихся на хранении запасов боеприпасов. Перемещение боеприпасов осуществляется партиями (т. е. в полном объеме). Характеристики каждой партии известны: объем боеприпасов (в штуках, ящиках или условных вагонах) и трудоемкость подготовки к отправке. Требуется определить партии боеприпасов, перемещаемые на каждую из баз хранения. При этом трудоемкость работ по подготовке к отправке боеприпасов должна быть минимально возможной, а требования к объемам их перемещения выполнены.

Особенностью рассматриваемой задачи является то, что перемещение боеприпасов различной номенклатуры осуществляется независимо друг от друга. Это означает, что замена боеприпасов одной номенклатуры боеприпасами другой не допускается. Поэтому при наличии различной номенклатуры перемещаемых боеприпасов задача может быть разбита на соответствующее количество независимых подзадач. Поэтому приведем математическую модель задачи перемещения для любой одной номенклатуры боеприпасов. Для

рассматриваемой номенклатуры выполним сквозную нумерацию партий, находящихся на хранении,  $- 1, 2, 3, \dots, n$  ( $n$  – общее число партий).

Обозначим:

$M$  – количество баз хранения, на которые необходимо отправить боеприпасы;

$b_z, z = 1, 2, \dots, M$  – количество боеприпасов (шт., усл. вагон), которые требуется переместить на  $z$ -ю базу хранения;

$W_i, i = 1, 2, \dots, n$  – количество боеприпасов  $i$ -й партии;

$\tau_i, i = 1, 2, \dots, n$  – трудоемкость подготовки к перемещению боеприпасов  $i$ -й партии.

Введем булевы переменные  $d_{iz} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, n, z = 1, 2, \dots, M$ . При перемещении  $i$ -й партии боеприпасов на  $z$ -й объект булева переменная  $d_{iz} = 1$ , в обратном случае  $d_{iz} = 0$ .

Таким образом, задача сводится к обоснованию  $M$  подмножеств партий, объем боеприпасов каждого из которых равен соответственно  $b_1, b_2, \dots, b_z, \dots, b_M$ . При этом суммарная трудоемкость работ должна быть минимально возможной.

При формализации задачи требуется учесть ряд условий и ограничений:

1. Обеспечение перемещения требуемого количества боеприпасов на каждую из баз хранения:

$$\sum_{i=1}^n W_i d_{iz} = b_z, z = 1, 2, \dots, M. \quad (1)$$

2. Исключение перемещения одной партии боеприпасов более чем на одну базу хранения:

$$\sum_{z=1}^M d_{iz} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

В целом задача перемещения боеприпасов с учетом партий на базы хранения запишется следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{z=1}^M \tau_i d_{iz} \rightarrow \min \quad (3)$$

при условии

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n W_i d_{iz} = b_z, z = 1, 2, \dots, M, \\ \sum_{z=1}^M d_{iz} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n, \\ d_{iz} = 0, 1, i = 1, 2, \dots, n, z = 1, 2, \dots, M. \end{cases} \quad (4)$$

Приведенная математическая модель (3)–(4) относится к классу задач дискретной оптимизации, множество допустимых решений которых конечно [3–5]. Размерность задачи определяется количеством булевых переменных  $d_{iz}, i = 1, 2, \dots, n, z = 1, 2, \dots, M$  и составляет  $n \times M$ . Применение метода полного перебора потребует оценки порядка  $2^{nM}$  возможных решений [3]. Ввиду такого характера зависимости количества возможных вариантов, применение метода полного перебора для поиска оптимального решения исключено (уже при количестве булевых переменных  $nM = 40$  число возможных вариантов распределения партий для перемещения будет  $\approx 10^{12}$ ). Кроме этого, поиск решения задачи осложняется тем, что исходное множество партий боеприпасов не всегда позволяет сформировать такой набор (а тем более несколько наборов) партий, общее количество боеприпасов в котором равно заданному значению  $b_z, z = 1, 2, \dots, M$ . Например, имея боеприпасы пяти партий объемом 100, 1523, 951, 5 и 63 выстрела, невозможно среди них выбрать такие партии, общее количество боеприпасов которых будет равно 1100 шт.

В последнее время широкое применение получили приближенные методы решения задач большой размерности [1–4]. Рассмотрим возможность применения комбинированных эвристических алгоритмов для поиска решения данной задачи. Алгоритмы данного типа

состоят из двух основных этапов: построение начального решения и последующее его улучшение [4].

**1. Построение начального решения.** Рассмотрим ряд алгоритмов последовательного назначения единиц для приближенного решения задачи (3)–(4) с булевыми переменными. Для каждого из приведенных ниже алгоритмов возможны варианты предварительной сортировки (перенумерации) партий боеприпасов по заданным правилам.

Правило 1.  $\frac{\tau_1}{W_1} \leq \frac{\tau_2}{W_2} \leq \dots \leq \frac{\tau_k}{W_k} \leq \dots \leq \frac{\tau_n}{W_n}$ , т. е. в порядке не убывания удельной

трудоемкости подготовки боеприпасов имеющихся партий к перемещению (где  $k$  – номер партии боеприпасов после сортировки).

Правило 2.  $\tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots \leq \tau_k \leq \dots \leq \tau_n$ , т. е. в порядке не убывания трудоемкости подготовки имеющихся партий к перемещению.

Для пошагового описания алгоритмов введем обозначение:  $\Delta_z$  – количество боеприпасов, которое осталось переместить на  $z$ -ю БХ после очередного шага (итерации) (очевидно, что первоначально  $\Delta_z = b_z$ ,  $z = 1, 2, \dots, N$ ). Далее рассмотрим серию алгоритмов построения начального решения задачи.

*1.1. Алгоритм с последовательным выбором баз хранения и предварительной сортировкой партий.*

1.1.1. Выполняем сортировку партий боеприпасов по одному из приведенных выше правил.

1.1.2. Выбираем из отсортированного списка очередную  $k$ -ю партию боеприпасов.

1.1.3. Проверяем, имеются ли базы хранения, такие, что  $\Delta_z \geq W_k$ . Если да, то переходим к п. 1.1.4. если нет – исключаем партию из рассмотрения и переходим к п. 1.1.5.

1.1.4. Выбираем очередную базу хранения из множества удовлетворяющих условию  $\Delta_z \geq W_k$ , принимаем  $d_{kz} = 1$ , рассчитываем  $\Delta_z$  и переходим к п. 1.1.5.

1.1.5. Проверяем, имеются ли нерассмотренные партии боеприпасов. Если  $k + 1 \leq n$ , то переходим к п. 1.1.2, в противном случае – к п. 1.1.6.

1.1.6. Заканчиваем работу над алгоритмом, формируем  $M$  множеств партий боеприпасов, перемещаемых на каждую  $z$ -ю,  $z = 1, 2, \dots, M$ , базу хранения, рассчитываем общее значение трудоемкости подготовки боеприпасов.

*1.2. Алгоритм с выбором баз хранения с максимальным значением остатка  $\Delta_z$  ( $\forall z : \Delta_z \geq W_k$ ) и предварительной сортировкой партий.*

*1.3. Алгоритм с выбором баз хранения с минимальным значением остатка  $\Delta_z$  ( $\forall z : \Delta_z \geq W_k$ ) и предварительной сортировкой партий.*

Алгоритмы 1.2 и 1.3 отличаются от приведенного выше 1.1 только порядком выбора баз хранения в п. 1.1.4, остальные пункты – аналогичны. Тогда пп. 1.2.4 и 1.3.4 алгоритмов 1.2 и 1.3 можно сформулировать следующим образом:

1.2.4. Из множества баз хранения, удовлетворяющих условию  $\Delta_z \geq W_k$ , выбираем объект с максимальным значением остатка  $\Delta_z$ , принимаем  $d_{kz} = 1$ , рассчитываем  $\Delta_z$  и переходим к п. 1.2.5;

1.3.4. Из множества баз хранения, удовлетворяющих условию  $\Delta_z \geq W_k$ , выбираем объект с минимальным значением остатка  $\Delta_z$ , принимаем  $d_{kz} = 1$ , рассчитываем  $\Delta_z$  и переходим к п. 1.3.5.

Классификация предлагаемых алгоритмов и их общая схема приведены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Таким образом, рассмотрены три алгоритма построения начального решения задачи (3)–(4), для каждого из которых возможно применение двух правил предварительной сортировки. Данные алгоритмы принято относить к *прямым*, так как исходная матрица  $D$  с элементами  $d_{kz}$  является нулевой и булевым переменным задачи присваиваются единичные значения в соответствии с заданными правилами [4], т.е. реализуется процедура подъема по допустимым целочисленным решениям. Для данной задачи можно также разработать *двойственные* алгоритмы, в которых формирование допустимого решения начинается

с матрицы  $\bar{D}$ , все элементы которой равны 1. В этом случае реализуется процедура спуска по недопустимым целочисленным решениям.

В результате использования алгоритмов 1.1–1.3 и сортировки по правилам 1–2 в каждом получим шесть допустимых начальных решений рассматриваемой задачи.

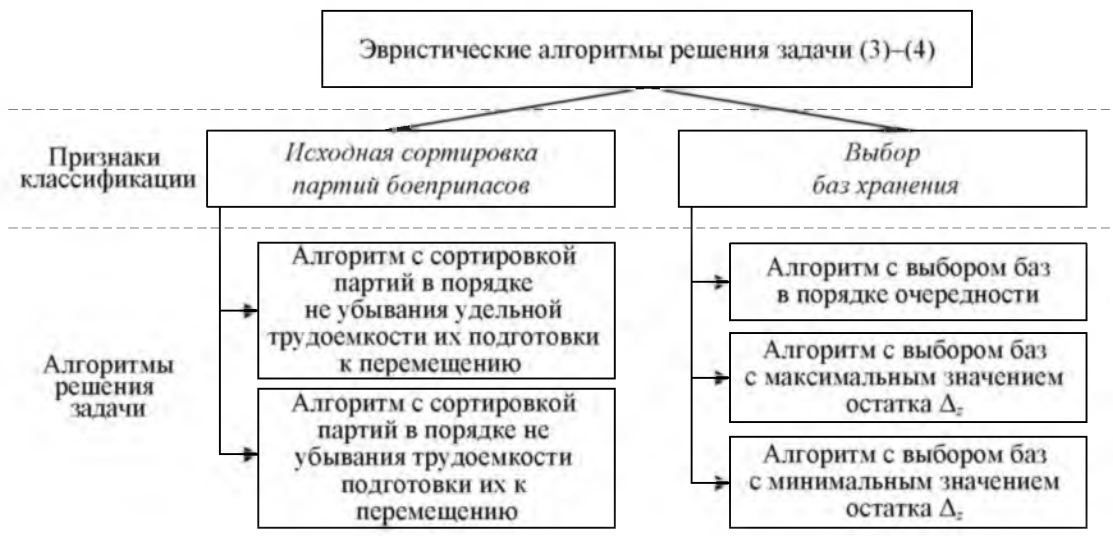


Рисунок 1 – Классификация эвристических алгоритмов решения задачи (3)–(4)

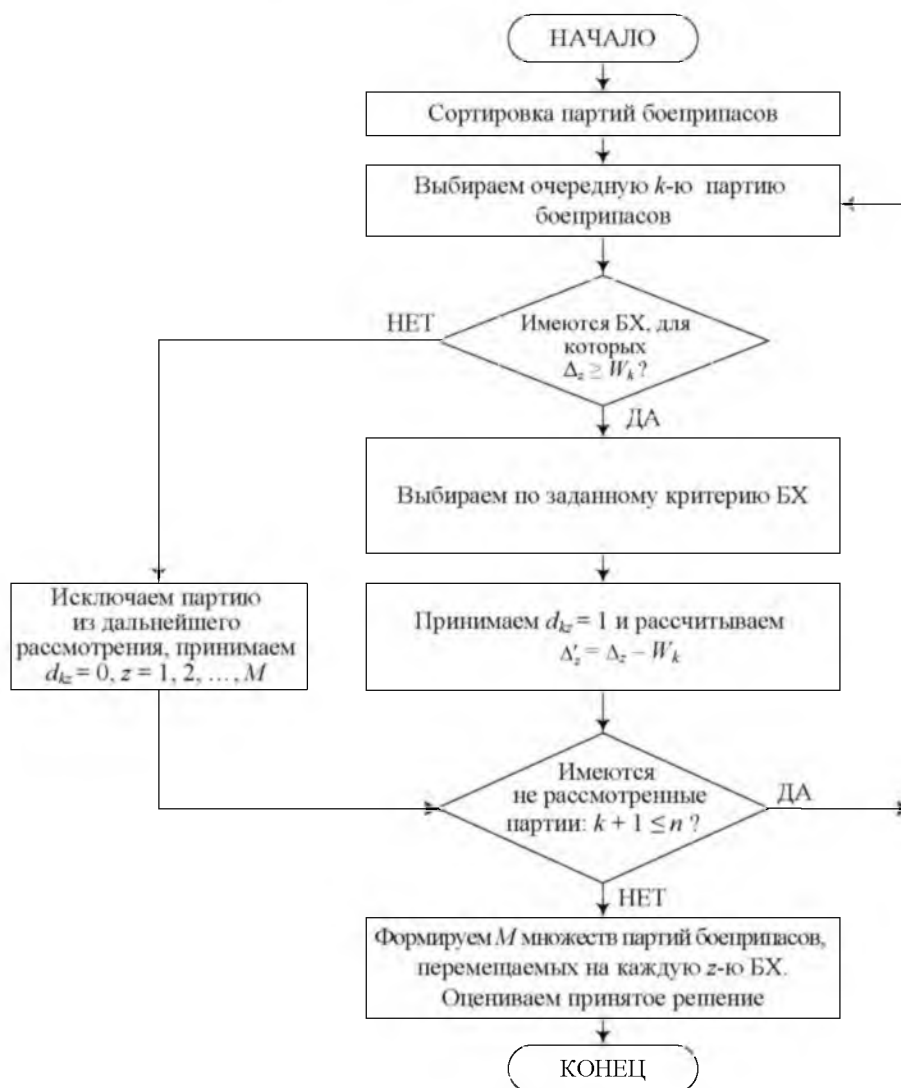


Рисунок 2 – Общая схема эвристических алгоритмов решения задачи (3)–(4)

**2. Улучшение начального решения.** Описанные выше алгоритмы позволяют получить приближенные решения, которые можно считать начальными. Для их улучшения можно использовать алгоритм «генетического» типа [1, 2, 4]. Выполним его общее описание применительно к нашему случаю.

Пусть в результате применения алгоритмов 1.1–1.3 отобрано  $t > 1$  наилучших по значениям целевой функции различных допустимых матриц (допустимых решений):

$$D_{\text{доп}}^s = \begin{pmatrix} d_{11}^s & d_{12}^s & \dots & d_{1M}^s \\ d_{21}^s & d_{22}^s & \dots & d_{2M}^s \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1}^s & d_{n2}^s & \dots & d_{nM}^s \end{pmatrix} \text{ при } 1 \leq s \leq t.$$

Например, в результате использования каждого из алгоритмов 1.1–1.3 можно определить наилучшее решение (тогда  $t = 6$ ).

Обозначим множество таких матриц через  $\mathbf{T}$ . Найдем вектор  $w = (w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_n)$  такой, что  $w_i = \sum_{s=1}^t \sum_{z=1}^M d_{iz}^s$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Значение  $w_i$  можно считать «весом»  $i$ -й партии среди  $t$  наилучших рассматриваемых решений задачи. Этот «вес» указывает количество булевых переменных, связанных с  $i$ -й партией и принимающих значение, равное 1 в множестве наилучших решений  $\mathbf{T}$ .

После этого решаем задачу по приведенным выше алгоритмам с предварительной сортировкой партий боеприпасов так, что  $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_k \geq \dots \geq w_n$ . В результате получим три допустимых решения, среди которых выберем наилучшее по значению целевой функции и обозначим его  $D_{\text{доп}}^*$ . Если данное решение  $D_{\text{доп}}^* \in \mathbf{T}$ , то работа «генетического» алгоритма на этом заканчивается. Если  $D_{\text{доп}}^* \notin \mathbf{T}$ , то вычислим  $\max_{1 \leq s \leq t} f(D_{\text{доп}}^s) = f(D_{\text{доп}}^{\min})$  (наихудшее среди множества  $\mathbf{T}$ ) и рассмотрим два случая:

а) если  $f(D_{\text{доп}}^*) \geq f(D_{\text{доп}}^{\min})$ , то работа «генетического» алгоритма окончена (улучшить решение не удалось – трудоемкость работ оказалась больше (либо равна), чем у «наихудшего» среди  $\mathbf{T}$ );

б) если  $f(D_{\text{доп}}^*) < f(D_{\text{доп}}^{\min})$ , то в множестве  $\mathbf{T}$  решение  $D_{\text{доп}}^{\min}$  заменяется решением  $D_{\text{доп}}^*$ , формируется новый вектор  $w$  и процесс использования алгоритма продолжается.

Применение алгоритмов «генетического» типа направлено на улучшение множества наилучших решений  $\mathbf{T}$ . После окончания улучшения множества  $\mathbf{T}$  выбирается наилучшее по выбранному критерию решение.

Таким образом, рассмотренные приближенные алгоритмы могут быть использованы для решения задачи обоснования партий боеприпасов, перемещаемых с одной базы хранения на множество других. При этом обеспечивается минимизация общей трудоемкости работ по подготовке боеприпасов к отправке. В целом использование предлагаемого подхода направлено на повышение эффективности принятия решения при планировании мероприятий перемещения боеприпасов. Большое количество разнообразных партий каждой номенклатуры боеприпасов (может достигать нескольких тысяч) обуславливает необходимость реализации разработанных алгоритмов на ПЭВМ, что является перспективой в дальнейшей научной работе авторов статьи.

#### Список литературы

1. Батищев, Д. И. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации / Д. И. Батищев, Е. А. Неймарк, Н. В. Старостин. – Н. Новгород, 2007. – 85 с.
2. Батищев, Д. И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач: учеб. пособие / Д. И. Батищев. – Воронеж: Нижегородский гос. ун-т, 1995. – 69 с.

3. Волков, И. К. Исследование операций: учеб. / И. К. Волков, Е. А. Загоруйко; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 434 с.
4. Сигал, И. Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: учеб. пособие / И. Х. Сигал, А. П. Иванова. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2003. – 240 с.
5. Ковалев, М. М. Дискретная оптимизация / М. М. Ковалев. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 192 с.
6. Карманов, В. Г. Математическое программирование: учеб. пособие / В. Г. Карманов. – 5-е изд. – М.: Физматлит, 2004. – 264 с.

---

\*Сведения об авторах:

Желудок Иван Станиславович.

Хандошко Сергей Николаевич.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 11.07.2014 г.

### 3. ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

---

#### ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ УНИФИЦИРОВАННОЙ МАСТЕРСКОЙ ПО РЕМОНТУ РАКЕТНО- АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

УДК 623.48

Ю. И. Аникеев, А. В. Долгович, С. Н. Хандошко \*

*В статье рассматривается вопрос обеспеченности средствами технического диагностирования ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ) ремонтных подразделений воинских частей. Предлагается объединение средств технического обслуживания и ремонта общего и специального назначения в унифицированную мастерскую по ремонту РАВ. Выполняется разработка математических моделей выбора средств оснащения унифицированной мастерской. Предложенные модели обеспечивают оптимальный выбор средств для оснащения унифицированной мастерской по некоторым параметрам, при этом учитываются различные ограничения.*

*The article deals with the technical diagnosing provision for the rocket-artillery weaponry at the military workshops. The problem of the rational equipping with the technical means of the uniformed workshop is being solved. The mathematical model for the selection of the equipment means for the uniformed workshop is being performed. The problem solving patterns are given. The given models allow to ground the choice of means for equipping any uniformed workshop account to several parameters taking into account various imitations.*

В системе технического обслуживания и ремонта РАВ одним из ключевых процессов является техническое диагностирование. Значимость данного процесса подтверждается степенью его влияния на надежность РАВ и готовность его к использованию по назначению [1]. Большинство номенклатур РАВ являются комплексными, сочетающими в своей конструкции элементы различного назначения (базовую машину (шасси), вооружение, специальное и вспомогательное оборудование), техническое диагностирование проводится с использованием штатных контрольно-измерительных приборов, диагностического оборудования, инструмента и приспособлений, размещенных в контрольно-проверочных машинах и мастерских.

Нормативными правовыми актами [2, 3] определен порядок организации технического диагностирования РАВ в Вооруженных Силах Республики Беларусь. При этом преследуются две основные цели процесса диагностирования образцов РАВ: определение объема очередного технического обслуживания и обоснование возможности продления эксплуатации по истечении назначенного технического ресурса. Очевидно, что различие целей подразумевает и различные способы их достижения. В первом случае процесс диагностирования должен обеспечить контроль ряда основных параметров и оценку их отклонений, а во втором – определение остаточного ресурса образца вооружения.

Для достижения первой цели диагностирования ремонтные органы воинской части частично обеспечены, но для проведения ресурсного диагностирования РАВ в воинской части нет практически ни одной составляющей. Достижение второй цели является более трудоемким процессом. Это связано с тем, что по величине комплексных показателей систем образца РАВ необходимо определить степень износа самих систем и образца в целом. Для осуществления поставленных целей необходимо наличие квалифицированных специалистов, средств специализированной диагностики, технической документации. Также в условиях превышения назначенного срока службы для большинства образцов ежегодно необходимо решать вопрос о продлении срока эксплуатации. Эта процедура возложена на командиров воинских частей.



В сложившейся обстановке она проводится по формальным признакам (наличие внешних повреждений, проверка на функционирование), что в свою очередь не позволяет определить величину остаточного ресурса. Причиной этому является необеспеченность процесса: технология диагностирования конкретных изделий не разработана, средства контроля отсутствуют.

Технические средства обслуживания РАВ, в состав которых входят средства диагностирования (СД), являются специализированными изделиями и применяются для небольшого количества номенклатур РАВ (низкий коэффициент унификации), что не всегда удобно. В таблице 1 приведены некоторые образцы РАВ и средства контроля их аппаратуры, применяемые при техническом обслуживании № 2. При этом для диагностирования механических, электромеханических, гидравлических и пневматических узлов и механизмов в них предусматриваются практически однотипные средства, а для контроля сложных радиоэлектронных систем и аппаратуры используются специализированные средства контроля и средства измерения.

Таблица 1 – Образцы РАВ и применяемые средства контроля при проведении ТО-2

Средства диагностирования	Проверяемые образцы РАВ					
	9П129	9П149	9К113	9П135	9П151	9С53
Контрольно-проверочная машина (машина технического обслуживания)	9В844	9В868		9В871-3		
Специализированные средства контроля	9В521 9В523 9В535 9В730	9В544 9В545 9В546 9В547 9В549	9В812М	9В812М	9В569	9В892
	9В574 9В579	– –				
Комбинированный прибор	Ц4353	Ц4312		Ц4313		–
Вольтметр универсальный	В7-16	В7-15		В7-15		–
Милливольтметр	–	В3-41		В3-38	–	
Мегаомметр	М4100/1	М4100/1		М4100/1		
		М4100/3		М4100/3	–	
Частотомер электронно-счетный	Ч3-54	Ч3-32		Ч3-34		–
Осциллограф	С1-55	С1-64		С1-68		–
Генератор сигналов	–	–	Г3-109	Г3-109		–

Используемые средства измерения разрабатывались и изготовлены 20–30 лет назад. Они имеют общее применение и отличаются своей модификацией. Применять перечисленные средства измерения одно вместо другого не всегда возможно, так как они отличаются работой в некоторых режимах и различными пределами измерения.

Например, в комбинированном приборе Ц4312, в отличие от Ц4313 и Ц4353, не предусмотрено измерение емкости конденсаторов. Но диапазон измерения напряжения и силы тока у комбинированного прибора Ц4312 больше (900 В и 6 А), чем у Ц4313 и Ц4353 (600 В и 1,5 А).

Сравнивая осциллографы, перечисленные в таблице 1, по измеряемым временным параметрам, можно выделить С1-68. Диапазон параметров составляет от 2 мкс до 16 с по сравнению с С1-55 (от 0,2 мкс до 0,2 с) и С1-64 (от 40 нс до 10 с). При рассмотрении полосы пропускания сигнала предпочтительным является С1-64 с диапазоном частот 0–50 МГц. (У осциллографа С1-68 диапазон частот сигнала до 1 МГц, а осциллографа С1-55 – до 10 МГц.)

Различаются характеристики и частотомеров ЧЗ-32, ЧЗ-34, ЧЗ-54. Диапазон измерения частот сигналов 10 Гц – 3 МГц, 10 Гц – 120 МГц, 0,1 Гц – 300 МГц и диапазон частот при измерении периода 10 Гц – 100 кГц, 0,01 Гц – 100 кГц, до 1 МГц соответственно.

Таким образом, использование средств измерения одной мастерской для диагностирования образцов РАВ, относящихся к другой мастерской, не всегда возможно.

Ограничения на использование технических СД также налагают специализированные средства, применяемые для проверки сложных радиотехнических блоков и составных частей образцов РАВ. Анализ специализированных СД, проведенный в научно-исследовательской работе [4], показал, что основным их назначением является коммутация различных электрических цепей. Используемые средства коммутации работают по принципу выдачи в проверяемое изделие набора команд и регистрации ответных донесений. Донесения поступают на табло, высвечивая определенные транспаранты и цифры, либо на контрольные гнезда, где регистрируются контрольно-измерительными приборами. При этом практически вся программа проверки задается органами управления средства контроля непосредственно одним из номеров расчета (оператором).

В настоящее время одним из перспективных направлений развития средств технического обслуживания и ремонта является создание унифицированных средств, которые будут иметь более широкое применение. В таблице 2 приведены параметры средств контроля, применяемых для обслуживания РАВ. Необходимо отметить, что они обладают значительным временем проведения проверок.

Таблица 2 – Параметры средств контроля РАВ

КПМ (МТО)	Проверяемые образцы РАВ	Параметры средств контроля		
		масса, кг	время, мин	объем, м <sup>3</sup>
9В844	9П129	335,8	600	1,103
9В871	9П135, 9П151, 9С53	235,5	135	0,601
9В868	9П135, 9П149, 9К113	338	1018	0,737

При размещении всех необходимых средств измерения, приведенных в таблице 1, в одной мастерской, они будут иметь общую массу около 120 кг и займут объем в 0,4 м<sup>3</sup>. А совмещение специализированных средств контроля в одной мастерской составит по массе около 670 кг и по объему 2 м<sup>3</sup>. Это без учета параметров специальных рабочих мест, проходов, шкафов для ЗИП и др. Такой вариант решения задачи недопустим.

Современный уровень развития технических средств контроля позволяет применять новые методы и способы организации операций контроля технического состояния РАВ. Наиболее эффективными для этой цели являются средства контроля на базе ЭВМ. С помощью этих средств можно решить все задачи диагностирования: проверку на функционирование, поиск неисправности и ресурсное диагностирование. Важным преимуществом применения ЭВМ является не только возможность использования многофункционального программного обеспечения для выполнения обслуживания РАВ, но и хранения технической литературы и документации.

На основании этого можно выделить факторы, степень влияния которых на общее время проверки можно изменить за счет применения современных ЭВМ и соответствующего программного обеспечения:

- работа оператора с технической литературой в процессе проверки;
- формирование команды с помощью органов управления средства контроля;
- измерение параметров контрольно-измерительными приборами;
- оценка результата;
- настройка проверяемого изделия при необходимости;
- документирование результата.

Перспективными средствами контроля являются: «Вектор», «Скворец», «Синтез» и др. Их объем ненамного отличается от параметров штатных средств контроля РАВ и составляет 0,06–0,9 м<sup>3</sup>, а масса значительно меньше и составляет от 15 до 80 кг.

Возможности современных средств контроля позволяют автоматизировать процесс контроля технического состояния объекта, а именно:

- коммутацию электрических цепей;
- измерение параметров;
- регистрацию параметров;
- хранение статистических данных;
- оценку статистических данных.

Например, использование контрольно-диагностической системы «Вектор-10» коллективом кафедры устройства и эксплуатации ракетно-артиллерийского вооружения для диагностирования блока долговременного запоминающего устройства наземной цифровой вычислительной машины 1В57 обеспечило сокращение времени проверки работоспособности с 15 до 2 мин, а времени поиска неисправности в зависимости от отказавшего элемента с 1–5 ч до 10–50 мин.

За счет ускорения диагностирования и повышения его достоверности сократится время ремонта и необходимое количество запасных частей. Использование специальных устройств сопряжения позволит увеличить количество номенклатуры диагностируемого РАВ, что в свою очередь сократит количество технических средств, необходимых для решения задач диагностирования. Под задачами технического диагностирования понимается контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа (неисправности), прогнозирование технического состояния.

Техническое диагностирование выполняется в совокупности с мероприятиями технического обслуживания и ремонта, для выполнения которых используются специализированные мастерские. В таблице 3 приведены средства технического обслуживания и ремонта, применяемые для обслуживания РАВ в ремонтных подразделениях различного уровня.

Таблица 3 – Средства технического обслуживания и ремонта РАВ в ремонтных подразделениях различного уровня

Подразделения технического обеспечения РАВ	Средства технического обслуживания и ремонта (тип кузова-фургона)	
	специального назначения	общего назначения
Взвод обеспечения реактивного артиллерийского дивизиона	–	МТО-В (К-131)
Взвод технического обслуживания ракетного дивизиона	–	МТО-В (К-131)
Батарея регламента и ремонта реактивной артиллерийской бригады	–	ПМ-2-70: МРС-АР (КМ-131), МРМ (КМ-4320)
Ремонтная рота группы артиллерии	–	ПМ-2-70: МРС-АР (КМ-131), МРМ (КМ-4320)
Техническая батарея ракетной бригады	9В844 (К-131), 9В819(К-131)	МРМ (КМ-4320)
Ремонтная рота вооружения ремонтно-восстановительного батальона отдельной механизированной бригады	9В871 (К-66)	ПМ-2-70: МРС-АР (КМ-131), МРМ (КМ-4320)

Используемые в ВС РБ средства технического обслуживания и ремонта РАВ морально устарели. Это обусловлено тем, что они были разработаны более 20 лет назад и не отвечают современным требованиям (оснащение средств технического обслуживания и ремонта РАВ не обеспечивает решения всех задач технического диагностирования, для

выполнения одинаковых функций контроля на широкой номенклатуре РАВ применяются различные по исполнению технические средства). Объем кузова-фургона каждого средства составляет от 14 до 20 м<sup>3</sup>. Замену средств технического обслуживания и ремонта новыми целесообразно провести объединив средства общего назначения и специального в унифицированное. Это возможно, так как применение современных средств контроля на базе ЭВМ позволит уменьшить не только время проведения проверок, но и массу СД и занимаемое пространство (объем) в кузове-фургоне. Для этого также необходимо рассмотреть возможность использования кузова-контейнера увеличенного объема, что сократит количество техники в ремонтном подразделении.

Унифицированная мастерская должна использоваться для всей номенклатуры РАВ, эксплуатируемого в войсках, и быть адаптивной (обладать способностью адаптации для обслуживания новых (перспективных) образцов РАВ). Актуальным в решении этой задачи является сокращение обслуживающего персонала и снижение требований к его квалификации как специалиста по диагностированию за счет автоматизации процесса.

Таким образом, учитывая вышесказанное, актуальной является задача военно-экономического обоснования оптимального оснащения унифицированной мастерской по ремонту РАВ. Решение этой задачи должно осуществляться наиболее гибким образом в реальном масштабе времени, исключая любые трудоемкие расчеты, при необходимости иметь возможность скорректировать рассматриваемые критерии.

Для решения задачи обоснования оснащения унифицированной мастерской по ремонту РАВ используем параметры, характеризующие технические средства: стоимость, объем, масса и энергопотребление. Стоимость унифицированной мастерской зависит от количества входящих в ее состав технических средств (элементов) и эксплуатационных характеристик этих элементов (таких как количество выполняемых функций, точность измерения параметров, глубина диагностики, условия применения, конструктивное исполнение, универсальность и т. д.). Для обеспечения мобильности средства должны размещаться в кузовах-фургонах на автомобильном шасси. Поэтому одним из существенных ограничений, влияющих на решение поставленной задачи, является значение массы и габаритных размеров, от чего в свою очередь зависит и стоимость самих средств обслуживания.

С увеличением количества номенклатуры диагностируемого РАВ возрастет и количество устройств сопряжения для проведения всех проверок. Под проверкой понимается контроль конкретной системы, блока, схемы и т. д. Число проверок определяется задачами диагностирования.

Выполним постановку и формализацию математической модели задачи обоснования оснащения унифицированной мастерской по ремонту РАВ. При этом рассмотрим две возможные ситуации. Изменение параметров, характеризующих устройства сопряжения СД с образцами РАВ, а также необходимого ЗИП, примем условно неизменными. Также условно примем, что источник питания размещается отдельно от кузова-фургона. В качестве целевой функции выберем суммарную стоимость средств обслуживания.

#### **Математическая модель минимизации стоимости унифицированной мастерской**

*Постановка и формализация задачи.* Имеется  $m$  постов, на которые необходимо выбрать технические средства из  $n$  отдельных средств на каждый пост. Каждое  $j$ -е средство, которое можно применить на  $i$ -м посту характеризуется: стоимостью  $c_{ij}$ , объемом  $v_{ij}$ , массой  $g_{ij}$  и потребляемой мощностью  $a_{ij}$ . Необходимо выбрать такой вариант сочетания технических средств, чтобы суммарная стоимость была минимально возможной. На каждом

$i$ -м посту должно использоваться только одно  $j$ -е техническое средство. При этом все требования и ограничения должны быть соблюдены.

Обозначим:

$c_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$  – стоимость  $j$ -го средства, предназначенного для использования на  $i$ -м посту;

$a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$  – потребляемая мощность  $j$ -го средства при эксплуатации на  $i$ -м посту;

$v_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$  – объем  $j$ -го средства для  $i$ -го поста;

$g_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$  – масса  $j$ -го средства для  $i$ -го поста;

$A_0$  – допустимое энергопотребление совокупности оборудования унифицированной мастерской;

$V_0$  – максимальный имеющийся объем для оборудования унифицированной мастерской;

$G_0$  – максимальная установленная масса для оборудования унифицированной мастерской;

$d_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$  – булева переменная, принимающая значение 1, если  $j$ -е средство используется на  $i$ -м посту, и 0 – в обратном случае.

Ограничения задачи:

1. Общее энергопотребление техническими средствами не должно превышать допустимого  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} d_{ij} \leq A_0$ .

2. Суммарный объем, занимаемый средствами, не должен превышать имеющегося  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij} d_{ij} \leq V_0$ .

3. Масса средств в совокупности не должна превышать установленной  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n g_{ij} d_{ij} \leq G_0$ .

4. На каждом  $i$ -м посту может быть использовано только одно  $j$ -е средство  $\sum_{j=1}^n d_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, m$ .

Целевой функцией решаемой задачи является обеспечение минимально возможной суммарной стоимости СД  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} d_{ij} \rightarrow \min$ .

Математическая модель задачи

$$\text{Найти } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} d_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\text{при условиях } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} d_{ij} \leq A_0, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij} d_{ij} \leq V_0, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n g_{ij} d_{ij} \leq G_0, \\ \sum_{j=1}^n d_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, m, \\ d_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \end{array} \right. \quad (2)$$

Математическая модель (1)–(2) описывает задачу булева программирования. Указанную задачу можно решить с помощью ПЭВМ с использованием известных методов дискретной оптимизации, например метод ветвей и границ и др.

После преобразования математическую модель (1)–(2) можно использовать для оптимизации состава унифицированной мастерской по энергопотреблению технических средств. Для этого целевой функцией выберем общее энергопотребление средств.

#### **Математическая модель минимизации энергопотребления унифицированной мастерской**

*Постановка и формализация задачи.* Исходные данные такие же, как в предыдущей задаче. Необходимо выбрать такой вариант сочетания технических средств, чтобы общее энергопотребление было минимально возможным. Обозначим через  $C_0$ – допустимые затраты денежных средств. Остальные обозначения совпадают с принятыми в предыдущей задаче. В ограничениях задачи (2) изменится только первое условие. Оно формулируется следующим образом: общая стоимость средств не должна превышать установленной

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} d_{ij} \leq C_0.$$

Целевой функцией задачи является обеспечение минимально возможного общего энергопотребления  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} d_{ij} \rightarrow \min$ .

*Математическая модель задачи*

$$\text{Найти } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} d_{ij} \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\text{при условиях } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} d_{ij} \leq C_0, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij} d_{ij} \leq V_0, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n g_{ij} d_{ij} \leq G_0, \\ \sum_{j=1}^n d_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, m, \\ d_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \end{array} \right. \quad (4)$$

Изменяя целевую функцию разработанной математической модели (1) – (2), можно провести выбор варианта состава средств по массе и по габаритам. Всесторонний анализ вариантов состава средств унифицированной мастерской позволит лицу, принимающему решение, без трудоемких расчетов оценить и выбрать наиболее предпочтительный вариант в конкретной ситуации.

### Выводы

1. Проведенный анализ состава средств технического диагностирования, применяемых при техническом обслуживании и ремонте РАВ в ремонтных подразделениях различного уровня, позволил выявить, что оснащение средств технического обслуживания и ремонта РАВ не обеспечивает решения всех задач технического диагностирования. В этой связи возникает необходимость создания унифицированной мастерской по ремонту РАВ, использование которой позволит решить все задачи технического диагностирования РАВ в ремонтных подразделениях. При этом выбор средств оснащения мастерской затрудняется наличием ресурсных ограничений и количеством параметров, которые характеризуют средства.

2. Для решения задачи оснащения унифицированной мастерской по ремонту РАВ разработаны математические модели, позволяющие найти оптимальный вариант с учетом ряда ограничений. Изменяя целевую функцию и ограничения разработанной математической модели (1) – (2), можно провести всесторонний анализ вариантов состава средств унифицированной мастерской.

3. Достоинством данных моделей является простота (исключаются трудоемкие расчеты) и возможность обосновать оснащение технических объектов различного назначения. Разработанные математические модели могут быть использованы при проектировании новых средств технического обслуживания и ремонта с учетом потребности ведения боевых действий войск.

### Список литературы

1. Надежность и эффективность в технике: справ.: в 10 т. / ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – Т. 8: Эксплуатация и ремонт / под общ. ред. В. И. Кузнецова, Е. Ю. Барзиловича. – 320 с.

2. Инструкция о порядке технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники в Вооруженных Силах Республики Беларусь в мирное время: утв. приказом М-ва обороны Респ. Беларусь № 41 от 25.10.2004 г. – 26 с.

3. Инструкция о порядке эксплуатации ракетно-артиллерийского вооружения в Вооруженных Силах Республики Беларусь: утв. приказом М-ва обороны Респ. Беларусь № 11 от 11.03.2008 г. – С. 49–54.

4. Исследование современных методов диагностики и ремонта ракетно-артиллерийского вооружения и разработка тактико-технического задания на выполнение опытно-конструкторской работы по созданию унифицированного средства технического обслуживания и ремонта ракетно-артиллерийского вооружения «Рукопись»: отчет о НИР (промежут.) / УО «ВА РБ»; рук. Ю. И. Аникеев. – Минск, 2012. – С. 218–226. – Инв. (рег.) № 2.41.12.

\*Сведения об авторах:

Аникеев Юрий Иванович.

Долгович Александр Валерьевич.

Хандошко Сергей Николаевич.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 30.06.2014 г.

## ФАЗОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПО ВЫХОДУ ДЕЦИМАТОРА ОТСЧЕТОВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

УДК 621.396

А. А. Зинченко, В. И. Слюсар\*

*В статье усовершенствован разработанный ранее фазовый метод оценивания дальности до цели за счет использования операции прореживания по выходу дециматора отсчетов аналого-цифрового преобразователя. Применение метода позволит существенно снизить требования к вычислительной мощности процессоров цифровой обработки сигналов в соответствующих практических приложениях. Работоспособность предложенного метода была подтверждена моделированием в пакете Mathcad для случая одновременного измерения дальности до двух целей.*

*In article improved the previously developed phase method of estimating the distance to a target through the use of the analog-to-digital converter samples thinning operation out of decimator. Method application will significantly reduce the demands of the processors computing power for digital signal processing in the respective practical applications. The performance of the propose method was confirmed by MathCad simulation for the case of distance to two targets simultaneous measurement.*

Один из вариантов реализации фазового метода измерения расстояний до объектов состоит в последовательном облучении целей сигналами разных частот, отличающимися одна от другой на постоянный частотный интервал  $\Delta f$ . В работе [1] был предложен цифровой вариант реализации указанного метода фазовой дальнометрии, в котором задача оценки дальности сводится к решению алгебраического уравнения, сформированного по отсчетам напряжений сигналов разных частот. Однако ограничением метода [1] является применение непосредственной обработки исходных отсчетов аналого-цифрового преобразования, которое при высокой скорости оцифровки сигналов накладывает определенные ограничения на быстродействие устройств измерения расстояний. Более эффективным в этом случае является использование операции децимации (прореживания) отсчетов аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [2], что позволяет уменьшить информационный поток в целях снижения нагрузки на устройство обработки сигналов. Ниже приведен цифровой метод фазовых измерений дальности с последовательным облучением целей сигналами разных частот при применении децимации отсчетов АЦП.

Сформируем систему уравнений, которая позволяет осуществить оценку расстояния до цели фазовым методом. Отберем для формирования системы уравнений пару отсчетов напряжений сигналов разных частот по выходу дециматора, используя одинаковые по номеру следования отсчеты в текущем зондировании. Пренебрегая наличием шумов, получим:

$$\begin{cases} U_{1,y} = \dot{a}_1 F_1(r, Z, f_1), \\ U_{2,y} = \dot{a}_2 F_2(r, Z, f_2), \end{cases} \quad (1)$$

где  $F_k(r) = \exp(j4\pi r f_k c^{-1})$ ,  $r$  – расстояние до цели;  $f_k$  – частота сигнала в  $k$ -м зондировании;  $c$  – скорость света;  $\dot{a}_k$  – комплексная амплитуда сигнала  $k$ -й частоты (полагается постоянной в течение всего интервала существования сигнала  $k$ -й частоты);  $Z(f_k)$  – значение амплитудно-частотной характеристики дециматора на частоте  $f_k$ ;  $y$  – порядковый номер отсчета сигнальной смеси по выходу дециматора.



Разделим второе уравнение системы (1) на первое:

$$\frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} = \frac{a_2 F_2(r) Z(f_2)}{a_1 F_1(r) Z(f_1)}$$

Отсюда

$$\frac{F_2(r)}{F_1(r)} = \frac{U_{2,y} Z(f_1) \dot{a}_1}{U_{1,y} Z(f_2) \dot{a}_2}$$

С другой стороны,

$$\frac{F_2(r)}{F_1(r)} = \frac{\exp(j4\pi r f_2 c^{-1})}{\exp(j4\pi r f_1 c^{-1})} = \exp\left(j \frac{4\pi r f_2}{c} - j \frac{4\pi r f_1}{c}\right) = \exp\left(j \frac{4\pi r \Delta f}{c}\right), \quad (2)$$

где  $\Delta f = f_2 - f_1$ .

Таким образом,

$$\exp\left(j \frac{4\pi r \Delta f}{c}\right) = \frac{U_{2,y} Z(f_1) \dot{a}_1}{U_{1,y} Z(f_2) \dot{a}_2} \quad (3)$$

Возьмем натуральный логарифм от левой и правой частей уравнения (3):

$$j \frac{4\pi r \Delta f}{c} = \ln\left(\frac{U_{2,y} Z(f_1) \dot{a}_1}{U_{1,y} Z(f_2) \dot{a}_2}\right) \quad (4)$$

Решением равенства (4) относительно неизвестной оценки дальности будет соотношение

$$r = \operatorname{Re}\left[j \frac{c}{4\pi \Delta f} \ln\left(\frac{U_{2,y} Z(f_1) \dot{a}_1}{U_{1,y} Z(f_2) \dot{a}_2}\right)\right] \quad (5)$$

Таким образом, для измерения дальности цели предложенным методом необходимо иметь информацию о соотношении комплексных амплитуд двух гармонических сигналов разных частот и вычислить соотношение комплексных напряжений отсчетов дециматора с одинаковым номером следования в каждом из двух периодов зондирования.

При этом считается, что частоты сигналов известны, то есть предварительно были определены доплеровские сдвиги частот или они являются довольно малыми и ими можно пренебречь.

Выражение (5) может быть упрощено, если выполняется условие равенства комплексных амплитуд сигналов двух частот, т. е.  $\dot{a}_1 = \dot{a}_2$ . В результате

$$r = \operatorname{Re}\left[j \frac{c}{4\pi \Delta f} \ln\left(\frac{U_{2,y} Z(f_1)}{U_{1,y} Z(f_2)}\right)\right]$$

Выполнение условия совпадения комплексных амплитуд базируется на облучении цели когерентными сигналами с одинаковой начальной фазой и незначительным частотным разносением  $\Delta f = f_2 - f_1$ , что позволяет пренебречь проявлением частотной зависимости комплексного коэффициента отражения сигналов от цели. Реальные отклонения от такого условия будут приводить к появлению определенных погрешностей в измерении расстояния, однако не лишат предложенный метод работоспособности.

В случае произвольного количества целей система уравнений (1) может быть записана в виде

$$\begin{cases} U_{1,y} = \dot{a}_{1,1}F_1(r_1)Z_v(f_1) + \dot{a}_{1,2}F_1(r_2)Z_v(f_1) + \dot{a}_{1,3}F_1(r_3)Z_v(f_1) + \dots + \dot{a}_{1,M}F_1(r_M)Z_v(f_1), \\ U_{2,y} = \dot{a}_{2,1}F_2(r_1)Z_v(f_2) + \dot{a}_{2,2}F_2(r_2)Z_v(f_2) + \dot{a}_{2,3}F_2(r_3)Z_v(f_2) + \dots + \dot{a}_{2,M}F_2(r_M)Z_v(f_2), \\ U_{3,y} = \dot{a}_{3,1}F_3(r_1)Z_v(f_3) + \dot{a}_{3,2}F_3(r_2)Z_v(f_3) + \dot{a}_{3,3}F_3(r_3)Z_v(f_3) + \dots + \dot{a}_{3,M}F_3(r_M)Z_v(f_3), \\ \vdots \\ U_{K,y} = \dot{a}_{K,1}F_K(r_1)Z_v(f_K) + \dot{a}_{K,2}F_K(r_2)Z_v(f_K) + \dot{a}_{K,3}F_K(r_3)Z_v(f_K) + \dots + \dot{a}_{K,M}F_K(r_M)Z_v(f_K), \end{cases} \quad (6)$$

где  $\dot{a}_{k,m}$  – комплексная амплитуда сигнала, отраженного от  $m$ -й цели на  $k$ -й частоте;  $y$  – порядковый номер отсчета сигнальной смеси по выходу дециматора;  $Z_v(f_k)$  – значение амплитудно-частотной характеристики дециматора на частоте  $f_k$  в  $y$ -м отсчете.

При условии, что комплексные амплитуды сигналов на всех частотах можно считать одинаковыми и независимыми от номера отсчета ( $\dot{a}_{k,m} = a_m$ ), систему уравнений (6) перепишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{a}_1 F_1(r_1)Z_v(f_1) + \dot{a}_2 F_1(r_2)Z_v(f_1) + \dot{a}_3 F_1(r_3)Z_v(f_1) + \dots + \dot{a}_M F_1(r_M)Z_v(f_1) - U_{1,y} = 0, \\ \dot{a}_1 F_2(r_1)Z_v(f_2) + \dot{a}_2 F_2(r_2)Z_v(f_2) + \dot{a}_3 F_2(r_3)Z_v(f_2) + \dots + \dot{a}_M F_2(r_M)Z_v(f_2) - U_{2,y} = 0, \\ \dot{a}_1 F_3(r_1)Z_v(f_3) + \dot{a}_2 F_3(r_2)Z_v(f_3) + \dot{a}_3 F_3(r_3)Z_v(f_3) + \dots + \dot{a}_M F_3(r_M)Z_v(f_3) - U_{3,y} = 0, \\ \vdots \\ \dot{a}_1 F_K(r_1)Z_v(f_K) + \dot{a}_2 F_K(r_2)Z_v(f_K) + \dot{a}_3 F_K(r_3)Z_v(f_K) + \dots + \dot{a}_M F_K(r_M)Z_v(f_K) - U_{K,y} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Рассмотрим в качестве неизвестных в системе уравнений (7) комплексные амплитуды сигналов, а также множитель  $\lambda = -1$  при отсчетах напряжений. Тогда для определителя данной однородной системы уравнений, имеющей по крайней мере одно ненулевое решение ( $\lambda = -1$ ), будет справедливо тождество

$$\begin{vmatrix} Z_v(\omega_1)F_1(r_1) & Z_v(\omega_1)F_1(r_2) & Z_v(\omega_1)F_1(r_3) & \dots & Z_v(\omega_1)F_1(r_M) & U_{1,y} \\ Z_v(\omega_2)F_2(r_1) & Z_v(\omega_2)F_2(r_2) & Z_v(\omega_2)F_2(r_3) & \dots & Z_v(\omega_2)F_2(r_M) & U_{2,y} \\ Z_v(\omega_3)F_3(r_1) & Z_v(\omega_3)F_3(r_2) & Z_v(\omega_3)F_3(r_3) & \dots & Z_v(\omega_3)F_3(r_M) & U_{3,y} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ Z_v(\omega_K)F_K(r_1) & Z_v(\omega_K)F_K(r_2) & Z_v(\omega_K)F_K(r_3) & \dots & Z_v(\omega_K)F_K(r_M) & U_{K,y} \end{vmatrix} = 0. \quad (8)$$

Для удобства дальнейшего рассмотрения воспользуемся правилом умножения определителя на число, согласно которому умножение всех элементов строки определителя на некоторое число  $\lambda$  равносильно умножению определителя на это число [3]. Соответственно пронормируем каждую из строк определителя (8) на величину  $Z_v(\omega_k)$ , где  $k = 1, \dots, K$  – порядковый номер строки:

$$\begin{vmatrix} F_1(r_1) & F_1(r_2) & F_1(r_3) & \dots & F_1(r_M) & \frac{U_{1,y}}{Z_v(\omega_1)} \\ F_2(r_1) & F_2(r_2) & F_2(r_3) & \dots & F_2(r_M) & \frac{U_{2,y}}{Z_v(\omega_2)} \\ F_3(r_1) & F_3(r_2) & F_3(r_3) & \dots & F_3(r_M) & \frac{U_{3,y}}{Z_v(\omega_3)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ F_K(r_1) & F_K(r_2) & F_K(r_3) & \dots & F_K(r_M) & \frac{U_{K,y}}{Z_v(\omega_K)} \end{vmatrix} = 0. \quad (9)$$

Следуя методике решения однородных систем уравнений, изложенной в [4], рассмотрим  $Y - M$  таких однородных уравнений с изменяющимся от 0 до  $(M - 1)$  индексом  $y$ .

По аналогии с [1] добавим к ним также тождество, в левой части которого вместо столбца нормированных напряжений использован столбец, содержащий функции от неизвестных дальностей до объектов  $F_k(r) = \exp(j4\pi r f_k c)$ :

$$\begin{pmatrix} F_1(r_1) & F_1(r_2) & F_1(r_3) & \dots & F_1(r_M) & F_1(r) \\ F_2(r_1) & F_2(r_2) & F_2(r_3) & \dots & F_2(r_M) & F_2(r) \\ F_3(r_1) & F_3(r_2) & F_3(r_3) & \dots & F_3(r_M) & F_3(r) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ F_K(r_1) & F_K(r_2) & F_K(r_3) & \dots & F_K(r_M) & F_K(r) \end{pmatrix} = 0 \quad (10)$$

Разложив определители в левой части выражений (9), (10) по элементам крайних справа столбцов, составим систему уравнений, в которой в качестве неизвестных фигурируют алгебраические дополнения элементов указанных столбцов. В итоге получим

$$\begin{cases} F_1(r)B_1 + F_2(r)B_2 + F_3(r)B_3 + \dots + F_K(r)B_K = 0, \\ \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} B_1 + \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} B_2 + \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} B_3 + \dots + \frac{U_{K,0}}{Z_0(\omega_K)} B_K = 0, \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} B_1 + \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} B_2 + \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} B_3 + \dots + \frac{U_{K,1}}{Z_1(\omega_K)} B_K = 0, \\ \vdots \\ \frac{U_{1,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_1)} B_1 + \frac{U_{2,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_2)} B_2 + \frac{U_{3,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_3)} B_3 + \dots + \frac{U_{K,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_K)} B_K = 0, \end{cases} \quad (11)$$

где  $B_k$  – алгебраическое дополнение  $k$ -го элемента в правом столбце определителей в выражениях (9), (10).

Поскольку значения алгебраических дополнений  $B_k$  не равны нулю, определитель системы (11) обращается в ноль, что позволяет записать следующее уравнение для оценки неизвестных дальностей целей:

$$\begin{pmatrix} F_1(r) & F_2(r) & F_3(r) & \dots & F_K(r) \\ \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} & \dots & \frac{U_{K,0}}{Z_0(\omega_K)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} & \dots & \frac{U_{K,1}}{Z_1(\omega_K)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{U_{1,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_1)} & \frac{U_{2,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_2)} & \frac{U_{3,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_3)} & \dots & \frac{U_{K,M-1}}{Z_{M-1}(\omega_K)} \end{pmatrix} = 0 \quad (12)$$

Как показано в [1], данное выражение может быть сведено к алгебраическому степенному уравнению. Покажем это на примере задачи оценивания дальности двух целей.

В этом случае для определения дальностей достаточно использовать по два отсчета сигнальной смеси по выходу дециматора на трех последовательно используемых частотах. Соответствующий вариант тождества (12) запишется в виде

$$Q(r) = \begin{vmatrix} F_1(r) & F_2(r) & F_3(r) \\ \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} = 0. \quad (13)$$

Разложив определитель в (13) по элементам первой строки, несложно получить:

$$Q(r) = F_3(r) \begin{vmatrix} \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} \end{vmatrix} - F_2(r) \begin{vmatrix} \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} + F_1(r) \begin{vmatrix} \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} = 0.$$

или после нормировки на множитель  $F_1(r)$ :

$$Q(r) = \frac{F_3(r)}{F_1(r)} \begin{vmatrix} \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} \end{vmatrix} - \frac{F_2(r)}{F_1(r)} \begin{vmatrix} \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} = 0.$$

Следует учесть, что согласно соотношению (2)

$$\frac{F_2(r)}{F_1(r)} = \exp\left(j \frac{4\pi r \Delta f}{c}\right), \text{ и аналогично } \frac{F_3(r)}{F_1(r)} = \exp\left(j \frac{4\pi r 2\Delta f}{c}\right) = \left(\exp\left(j \frac{4\pi r \Delta f}{c}\right)\right)^2.$$

Поэтому, обозначив  $D = \exp\left(j \frac{4\pi r \Delta f}{c}\right)$ , получим  $D^2 = \frac{F_3(r)}{F_1(r)}$ ,  $D = \frac{F_2(r)}{F_1(r)}$ .

Отсюда приходим к квадратному уравнению относительно неизвестной  $D$ :

$$Q(r) = D^2 \begin{vmatrix} \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} \end{vmatrix} - D \begin{vmatrix} \frac{U_{1,0}}{Z_0(\omega_1)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{1,1}}{Z_1(\omega_1)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{U_{2,0}}{Z_0(\omega_2)} & \frac{U_{3,0}}{Z_0(\omega_3)} \\ \frac{U_{2,1}}{Z_1(\omega_2)} & \frac{U_{3,1}}{Z_1(\omega_3)} \end{vmatrix} = 0. \quad (14)$$

Используя полученные в результате решения (14) корни квадратного уравнения  $D_{1,2}$ , оценки дальности сформируем в виде

$$r_{1,2} = \operatorname{Re} \left[ j \frac{c}{4\pi \Delta f} \ln(D_{1,2}) \right]$$

Работоспособность предложенного метода фазового измерения дальности двух целей была проверена путем математического моделирования в пакете Mathcad. В модели фазовый шум имитировался в виде изменяемой от отсчета к отсчету АЦП начальной фазы сигнала, одинаковой для всех частот, то есть вместо когерентных сигналов рассматривалась их некогерентная совокупность

#### Вывод

Таким образом, в статье усовершенствован разработанный ранее фазовый метод оценивания дальности до цели за счет использования операции прореживания по выходу дециматора отсчетов аналого-цифрового преобразователя, что позволило существенно снизить требования к вычислительной мощности процессоров цифровой обработки сигналов в соответствующих практических приложениях. Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на анализе достижимой точности измерения дальности, особенно в условиях наличия аддитивных и фазовых шумов.

## Список литературы

1. Солощев, О. Н. Фазовый метод измерения дальности на основе теории многоканального анализа / О. Н. Солощев, В. И. Слюсар, В. В. Твердохлебов // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2007. – № 2(23). – С. 29–32.
2. Слюсар, В. И. Синтез алгоритмов измерения дальности  $M$ -источников при дополнительном стробировании отсчетов АЦП / В. И. Слюсар // Изв. вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 1996. – Т. 39. – № 5. – С. 55–62.
3. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука. – 1984. – 832 с.
4. Варюхин, В. А. Основы теории многоканального анализа / В. А. Варюхин. // – Киев: ВА ПВО СВ, 1993. – 171 с.
5. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. А. Петрова и В. Н. Харисова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.

---

\*Сведения об авторах:

Зинченко Андрей Александрович.

Национальный университет обороны Украины им. Ивана Черняховского;

Слюсар Вадим Иванович.

Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных сил Украины.

Статья поступила в редакцию 10.03.2014 г.

## МЕТОДОЛОГИЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В СТОХАСТИЧЕСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ФИКСИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ

УДК 621. 397

И. М. Косачев\*

*В статье излагается методология высокоточной нелинейной фильтрации многомерных негауссовых случайных процессов, наблюдаемых в стохастических динамических системах с фиксированной структурой.*

*Methodology of high-precision filtering for multidimensional random processes, observable in stochastic dynamic systems, is developed.*

### Введение

При разработке вооружения и военной техники (ВВТ), а также других сложных технических систем гражданского назначения центральной задачей является синтез алгоритмов оптимального управления ими. В соответствии с теоремой разделения [1–4] в теории стохастического оптимального управления для достижения поставленной цели требуется сначала решить задачу оптимальной нелинейной фильтрации случайных процессов, протекающих в этих системах, а затем на основании полученных оценок фильтруемых процессов осуществить синтез алгоритмов оптимального управления ими по заданному критерию оптимальности. Математическое описание ВВТ и других сложных технических систем во многих случаях практики можно рассматривать в классе непрерывных стохастических динамических систем с фиксированной структурой (ДСФС).

Под фильтрацией случайного процесса  $Y(t)$  в ДСФС понимается определение наиболее вероятных значений данного процесса в текущий момент времени  $t$  на основании его наблюдений  $Z(t)$  до момента времени  $t$  с помощью измерителя (канала наблюдения) и априорной информации о фильтруемом процессе [1–9].

В настоящее время для оценивания случайных процессов наиболее широко используется теория калмановской фильтрации [1–9], которая позволяет получить замкнутые алгоритмы оценивания. Однако теория калмановской фильтрации эффективно работает только при гауссовой (нормальной) или близкой к ней плотности распределения вероятностей (ПРВ) фильтруемого процесса и линейном канале наблюдения. В ВВТ и других сложных технических системах ПРВ фильтруемого процесса часто не является гауссовой. Так, в РЛС при обработке радиолокационных сигналов, отраженных от цели, могут оцениваться частота, фаза, амплитуда, мощность и т. д. Известно [10, 11], что частота отраженного сигнала имеет асимметричную ПРВ, фаза – равномерную ПРВ, амплитуда – релеевскую, мгновенная мощность – экспоненциальную ПРВ. В этих и других случаях применение алгоритмов калмановской фильтрации приводит к методическим ошибкам в формировании оптимальной оценки фильтруемого процесса. Это, в свою очередь, приводит к ошибкам при синтезе алгоритмов оптимального управления такими системами.

В современной теории оптимальной нелинейной фильтрации негауссовых случайных процессов используются приближенные методы, основанные на параметрической или функциональной аппроксимации апостериорной (послеопытной) ПРВ  $\bar{\omega}(y, t)$  фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

К методам параметрической аппроксимации относятся: моментный [2–4], квазимоментный [4, 12], кумулянтный (семиинвариантный) [4, 12], моментно-семиинвариантный [13–15] и эллипсоидный [4, 6] методы. Суть методов параметрической аппроксимации заключается в получении системы стохастических дифференциальных уравнений первого порядка для определения числовых характеристик

апостериорной ПРВ: апостериорных начальных или центральных моментов, апостериорных кумулянтов (семиинвариантов) или апостериорных квазимоментов.

Достоинством методов параметрической аппроксимации апостериорной ПРВ является возможность учета ее негауссового характера путем расчета указанных апостериорных числовых характеристик.

Можно отметить следующие недостатки данного подхода:

аппроксимация неизвестной апостериорной ПРВ конечным рядом этих ее апостериорных числовых характеристик в общем случае не обеспечивает гарантированной точности решения задачи фильтрации из-за возможности появления отрицательных значений конечной суммы аппроксимирующего ряда;

до проведения модельного эксперимента невозможно определить требуемое число членов ряда аппроксимации апостериорной негауссовой ПРВ с помощью указанных апостериорных числовых характеристик;

уравнения для производных апостериорных кумулянтов (семиинвариантов) хотя и обладают свойством монотонности затухания с ростом их порядка, однако они являются чрезвычайно сложными и громоздкими. Их решение (интегрирование) в реальном масштабе времени возможно при оценке негауссовых случайных процессов с малой размерностью фазового пространства (не более трех фазовых координат);

более простые уравнения для производных апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса не обладают свойством монотонности затухания с ростом их порядка, что не позволяет обоснованно усечь (ограничить) данную систему уравнений при ее интегрировании;

не существует эффективных методов раскрытия усреднений от многоаргументных нелинейностей произвольного вида  $\varphi(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , входящих в уравнения для указанных апостериорных числовых характеристик, даже при гауссовой апостериорной ПРВ аргументов нелинейности, не говоря уже о случае, когда эта ПРВ является существенно негауссовой.

Одна из этих проблем была решена М. Л. Дашевским, который разработал моментно-семиинвариантный метод [13, 14]. Данный метод позволяет интегрировать более простые уравнения для апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса, а выбор максимального порядка учитываемых моментов производить по формулам связи кумулянтов (семиинвариантов) и апостериорных центральных моментов путем приравнивания к нулю кумулянтов высших (начиная с третьего) порядков. В дальнейшем этот метод был модифицирован А. Г. Кошкаровой и В. И. Шином, которые предложили приравнивать к нулю не только кумулянты высших порядков, но и младшие смешанные кумулянты [15]. Благодаря этому число интегрируемых уравнений резко уменьшается при незначительной (по мнению авторов, не более 10 %) потере точности по сравнению с немодифицированным моментно-семиинвариантным методом. Однако для многомерных систем (многомерных фильтруемых процессов) уравнения связи кумулянтов и центральных вероятностных моментов получены А. Н. Малаховым [16] только до шестого порядка включительно. Для более высоких порядков уравнения связи кумулянтов и центральных вероятностных моментов для многомерных негауссовых случайных процессов не получены.

К методам функциональной аппроксимации негауссовой апостериорной ПРВ относятся [4, 6, 17, 29, 30]:

метод аппроксимации апостериорной ПРВ отрезком ряда Грамма – Шарлье, Эджворта или Лагерра;

метод полигауссовой аппроксимации апостериорной ПРВ, заключающийся в ее более точной аппроксимации суммой гауссовых ПРВ.

Достоинством данных методов является строго положительная определенность апостериорной ПРВ при всех значениях ее аргумента  $Y$ .

Метод функциональной аппроксимации имеет следующие недостатки:

далеко не всегда в качестве базовой можно принять гауссовую (нормальную) ПРВ фильтруемого процесса. Например, шумы квантования имеют равномерную ПРВ;

вид апостериорной ПРВ заранее, как правило, не известен. Это затрудняет выбор аппроксимирующей ПРВ из существующих видов распределений, а следовательно, делает невозможным строгое решение задачи оптимальной нелинейной фильтрации.

В своем большинстве ВВТ представляют собой сложные многомерные нелинейные нестационарные стохастические динамические системы, в которых ПРВ многих фазовых координат является негауссовой, а канал наблюдения – нелинейным. Это требует разработки общей методологии синтеза оптимальных нелинейных фильтров для высокоточного оценивания негауссовых случайных процессов.

Ниже излагается общая методология высокоточной нелинейной фильтрации многомерных негауссовых случайных процессов в стохастических динамических системах с фиксированной структурой.

### 1. Постановка задачи высокоточной оптимальной нелинейной фильтрации случайных процессов в стохастических динамических системах

Постановку задачи оптимальной нелинейной фильтрации случайных процессов в стохастических ДСФС удобно пояснить с помощью рисунка 1.

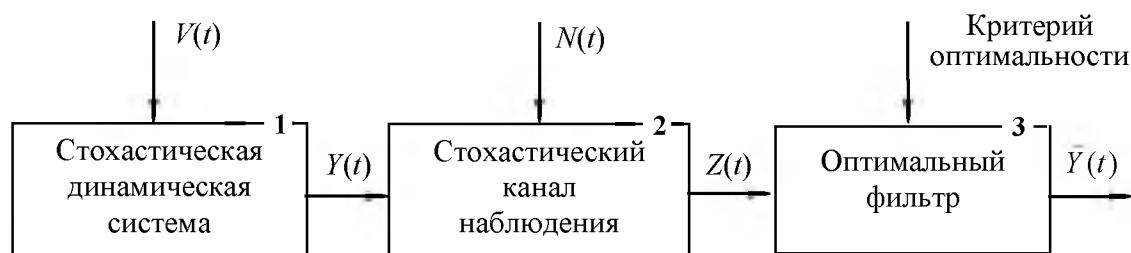


Рисунок 1 – Функциональная схема, поясняющая задачу оптимальной нелинейной фильтрации случайного процесса

На данном рисунке блоком 1 обозначена математическая модель наблюдаемой стохастической динамической системы фиксированной структуры (фильтруемого многомерного процесса), которая описывается системой нелинейных стохастических дифференциальных уравнений с аддитивными белыми шумами вида

$$\dot{Y}(t) = C(t) + D(t)Y(t) + B(t)\varphi(Y, t) + H(t)V(t); \quad Y(0) = Y_0, \quad (1)$$

где  $Y(t)$  –  $N_Y$ -мерный случайный вектор фазовых координат стохастической динамической системы (фильтруемого процесса) с компонентами  $Y_p(t)$ ,  $p = \overline{1, N_Y}$ ;

$C(t)$  –  $N_Y$ -мерный вектор входных детерминированных функций с компонентами  $c_p(t)$ ;

$D(t)$  –  $(N_Y \times N_Y)$ -мерная матрица в общем случае нестационарных коэффициентов при фазовых координатах с компонентами  $d_{pi}(t)$ ,  $i = \overline{1, N_Y}$ ;

$B(t)$  –  $(N_Y \times N_\varphi)$ -мерная матрица в общем случае нестационарных коэффициентов при нелинейностях с компонентами  $b_{pi}(t)$ ;

$\varphi(Y, t)$  –  $N_\varphi$ -мерная детерминированная векторная нелинейная функция от вектора фазовых координат  $Y$  с компонентами  $\varphi_q(Y, t)$ ,  $q = \overline{1, N_\varphi}$ ;



$H(t)$  –  $(N_Y \times N_{Y'})$ -мерная матрица нестационарных коэффициентов при белых шумах с компонентами  $h_{pi}(t)$ ,  $p = \overline{1, N_Y}$ ,  $i = \overline{1, N_{Y'}}$ ;

$V(t)$  –  $N_V$ -мерный вектор центрированного гауссового белого шума с симметричной положительно определенной матрицей спектральных плотностей  $G(t)$  с компонентами  $g_{pi}(t)$  и матрицей корреляционных функций  $K_V(t, t') = G(t)\delta(t - t')$ , где  $\delta(t)$  – дельта-функция Дирака.

Присутствующие в данных уравнениях шумы  $V(t)$  обусловлены влиянием внешних преднамеренных и непреднамеренных помех, а также внутренних возмущающих воздействий на стохастическую динамическую систему.

На практике также приходится решать задачу оптимальной нелинейной фильтрации, когда нелинейная наблюдаемая система (негауссовый фильтруемый процесс) содержит аддитивные и (или) мультипликативные шумы. В этом случае математическая модель такого фильтруемого процесса также может быть описана системой нелинейных стохастических дифференциальных уравнений вида

$$\dot{Y}(t) = C(t) + D(t)Y(t) + B(t)\varphi(Y, t) + H(Y, t)V(t); \quad Y(0) = Y_0, \quad (2)$$

где  $H(Y, t)$  –  $(N_Y \times N_V)$ -мерная матрица нелинейных детерминированных функций при белых шумах с компонентами  $h_{pi}(Y, t)$ ,  $p = \overline{1, N_Y}$ ,  $i = \overline{1, N_V}$ .

Остальные обозначения в формуле (2) совпадают с обозначениями в формуле (1).

С помощью стохастического канала наблюдения (измерителя), показанного на рисунке 1 блоком 2, проводятся измерения случайного процесса  $Y(t)$ . Математическая модель безынерционного нелинейного канала наблюдения с аддитивными белыми шумами описывается системой нелинейных уравнений вида

$$Z(t) = S(t)\Psi(Y, t) + M(t)N(t), \quad (3)$$

где  $Z(t)$  –  $N_Z$ -мерный случайный вектор измерений случайного процесса  $Y(t)$  размерности  $N_Z \leq N_Y$  с компонентами  $z_p(t)$ ,  $p = \overline{1, N_Z}$ ;

$S(t)$  – матрица порядка  $N_Z \times N_{\Psi}$  детерминированных нестационарных коэффициентов при нелинейностях канала наблюдения с компонентами  $s_{pn}(t)$ ,  $p = \overline{1, N_Z}$ ,  $n = \overline{1, N_{\Psi}}$ ;

$\Psi(Y, t)$  –  $N_{\Psi}$ -мерная детерминированная векторная нелинейная функция с компонентами  $\psi_p(Y, t)$ ,  $p = \overline{1, N_{\Psi}}$ ;

$M(t)$  –  $(N_Z \times N_N)$ -мерная матрица в общем случае нестационарных коэффициентов при белых шумах в канале наблюдения с компонентами  $m_{pi}(t)$ ,  $p = \overline{1, N_Z}$ ,  $i = \overline{1, N_N}$ ;

$N(t)$  –  $N_N$ -мерный вектор центрированного гауссового белого шума в канале наблюдения с симметричной положительно определенной матрицей спектральных плотностей  $Q(t)$  с компонентами  $Q_{ij}(t)$  и матрицей корреляционных функций  $K_N(t, t') = Q(t)\delta(t - t')$ .

На практике встречаются случаи, когда шумы в наблюдаемой системе (фильтруемом процессе) и в канале наблюдения являются коррелированными (зависимыми). Математическая модель такого безынерционного нелинейного канала наблюдения будет иметь вид

$$Z(t) = S(t)\Psi(Y, t) + M(Y, t)N(t), \quad (4)$$

где  $M(Y, t)$  –  $(N_Z \times N_N)$ -мерная матрица нелинейных детерминированных функций при белых шумах в канале наблюдения с компонентами  $m_{pi}(Y, t)$ ,  $p = \overline{1, N_Z}$ ,  $i = \overline{1, N_N}$ .

В этом случае взаимно корреляционная функция шумов  $V(t)$  и  $N(t)$ , равная  $K_{VN}(t, t')$ , характеризуется положительно определенной прямоугольной матрицей интенсивностей  $W(t)$  с компонентами  $W_{ij}$ :

$$K_{VN}(t, t') = \langle V(t)N(t') \rangle = W(t) \delta(t - t').$$

При этом  $W_{ij} \neq 0$  для всех или части компонент с индексами  $i, j$ ,  $i = \overline{1, N_V}$ ,  $j = \overline{1, N_N}$ .

При независимых шумах в фильтруемом процессе и канале наблюдения матрица интенсивностей  $W(t)$  является нулевой, т. е.  $W_{ij} = 0$  при любых  $i = \overline{1, N_V}$  и  $j = \overline{1, N_N}$ .

Эту существенную особенность надо учитывать при выводе уравнения для апостериорной ПРВ фильтруемого процесса, а следовательно, и при решении задачи оптимальной нелинейной фильтрации.

На практике довольно часто канал наблюдения (измеритель) является инерционным. Математическая модель нелинейного инерционного измерителя с аддитивным белым гауссовым шумом имеет вид (5), а с мультипликативным шумом – вид (6):

$$\dot{Z}(t) = R(t)Z(t) + S(t)\Psi(Y, t) + M(t)N(t); \quad (5)$$

$$\dot{Z}(t) = R(t)Z(t) + S(t)\Psi(Y, t) + M(Y, t)N(t), \quad (6)$$

где  $R(t)$  – известная матрица в общем случае нестационарных детерминированных коэффициентов размерности  $N_Z \times N_Z$ .

Формально выражение (5) можно записать в форме (3), а выражение (6) – в форме (4) для некоторого преобразованного вектора измерений  $Z^*(t)$  [3, 4, 6, 8]:

$$Z^*(t) = \dot{Z}(t) - R(t)Z(t). \quad (7)$$

С учетом выражения (7) уравнение для инерционного канала наблюдения (измерителя) с аддитивными шумами (5) преобразуется к виду (8), а с мультипликативными шумами – к виду (9):

$$Z^*(t) = S(t)\Psi(Y, t) + M(t)N(t); \quad (8)$$

$$Z^*(t) = S(t)\Psi(Y, t) + M(Y, t)N(t). \quad (9)$$

В результате такой замены задача оптимальной нелинейной фильтрации с инерционным каналом наблюдения сведена к задаче нелинейной фильтрации при безынерционном канале наблюдения. При этом вектор  $Z^*(t)$  следует считать в качестве новой наблюдаемой функции, для вычисления которой необходимо помимо процесса  $Z(t)$  дополнительно иметь информацию о его производной  $\dot{Z}(t)$ .

Регистрируемый наблюдаемый процесс  $Z(t)$  поступает на вход оптимального фильтра, который на рисунке 1 обозначен как блок 3. На выходе фильтра требуется получить оптимальную оценку фильтруемого процесса  $Y(t)$  в виде функционала этих измерений

$$\bar{Y}(t) = F(Z, t). \quad (10)$$

Данный функционал устанавливает математическую связь между входом и выходом оптимального фильтра.

Различные оптимальные оценки фильтруемого процесса  $Y(t)$  получают путем минимизации условного риска произвольных функций потерь от ошибки фильтрации. Ошибка фильтрации  $E(t)$  определяется как разность между истинным значением вектора состояния случайного процесса  $Y(t)$  и значением его оценки  $\bar{Y}(t)$ :

$$E(t) = Y(t) - \bar{Y}(t). \quad (11)$$

В качестве оптимальных оценок случайного процесса  $Y(t)$ , при наличии измерений  $Z(t)$ , чаще всего служат [3–9]:

условное математическое ожидание апостериорной ПРВ

$$\bar{Y}(t) = \int_{R^N} y \bar{\omega}(y, t / z) dy = \bar{M}(t); \quad (12)$$

мода апостериорной ПРВ

$$\bar{Y}(t) = \arg \max \bar{\omega}(y, t / z) = \text{Mod } \bar{\omega}(y, t); \quad (13)$$

медиана апостериорной ПРВ

$$\bar{Y}(t) = \text{Med}(\bar{\omega}(y, t / z)) \quad (14)$$

при условии 
$$\int_{-\infty}^{\text{Med } \bar{\omega}(y)} \bar{\omega}(y, t / z) dy = \int_{\text{Med } \bar{\omega}(y)}^{+\infty} \bar{\omega}(y, t / z) dy = 0,5.$$

В общем случае оптимальные оценки фильтруемого процесса  $Y(t)$ , получаемые для различных критериев оптимальности вида (12) – (14), различны. Однако, как следует из теоремы Ширмана, если апостериорная ПРВ унимодальна и симметрична относительно моды, то все эти три оценки совпадают [3–9, 18, 19, 22], т. е.

$$\bar{Y}(t) = \bar{M}(t) = \text{Mod } \bar{\omega}(y, t) = \text{Med } \bar{\omega}(y, t). \quad (15)$$

Такой случай имеет место, например, при гауссовой апостериорной ПРВ фильтруемого процесса. Однако при фильтрации негауссовых случайных процессов равенство (15) не выполняется.

В теории оптимальной нелинейной фильтрации показано, что наиболее полной вероятностной характеристикой случайного фильтруемого процесса  $Y(t)$  в момент времени  $t$  при наличии измерений вектора  $Z(\tau)$  на интервале  $(t_0; t)$  является апостериорная ПРВ  $\bar{\omega}(y, t / z)$  для  $t_0 \leq \tau \leq t$ , которую обозначим следующим образом:

$$\bar{\omega}(y, t / Z(t), t_0 \leq \tau \leq t) = \bar{\omega}(y, t).$$

Уравнение для апостериорной ПРВ  $\bar{\omega}(y, t)$  впервые было получено Р. Л. Стратоновичем [5]. В симметризованной форме данное уравнение имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\omega}(y, t)}{\partial t} = & - \sum_{p=1}^{N_x} \frac{\partial}{\partial y_p} [A_p(y, t) \bar{\omega}(y, t)] + \frac{1}{2} \sum_{p,k=1}^{N_x} \frac{\partial^2}{\partial y_p \partial y_k} [B_{pk}(y, t) \bar{\omega}(y, t)] - \\ & - [f(y, z, t) - \langle f(y, z, t) \rangle] \bar{\omega}(y, t), \end{aligned} \quad (16)$$

где  $A_p(Y, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left\langle \frac{\Delta Y_p(t)}{\Delta t} \middle| y, t \right\rangle$  –  $p$ -я компонента вектора сноса  $A(Y, t)$ , характеризующая среднее значение локальной скорости  $p$ -й фазовой координаты фильтруемого непрерывного векторного марковского процесса  $Y(t)$ ;

$B_{pk}(Y, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left\langle \frac{\Delta Y_p(t) \Delta Y_k(t)}{\Delta t} \middle| y, t \right\rangle$  –  $pk$ -я компонента диффузионной матрицы  $B(Y, t)$ , характеризующая скорость изменения условного корреляционного момента  $p$ -й и  $k$ -й фазовых координат векторного марковского процесса  $Y(t)$ ;

$\Delta Y_p(t) = Y_p(t + \Delta t) - Y_p(t)$  – величина локального смещения фазовой координаты  $Y_p$  за малый отрезок времени  $\Delta t$ ;

$\langle \bullet / y, t \rangle$  – операция статистического усреднения при условии, что в момент времени  $t$  векторный случайный процесс  $Y(t)$  принимал значение  $y$ ;

$f(y, z, t)$  – производная от натурального логарифма функции правдоподобия, именуемая в дальнейшем как обновляющий процесс, определяемая выражением

$$f(Y, z) = \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_Z} \frac{R_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r - \sum_{i=1}^{N_\Psi} s_{ri} \Psi_i(Y_i) \right] \cdot \left[ z_n - \sum_{j=1}^{N_\Psi} s_{nj} \Psi_j(Y_j) \right], \quad (17)$$

где  $\langle f(y, z, t) \rangle = \int_{R^{N_Y}} f(y, z, t) \hat{\omega}(y, t) dy$  – усреднение от обновляющего процесса по апостериорной ПРВ случайного многомерного процесса  $Y(t)$ ;

$|Q| = \det Q(t)$  – определитель матрицы  $Q(t)$ , рассчитываемый известным образом [4–9];

$R_{r,n}$  – алгебраическое дополнение элемента  $Q_{rn}$  в матрице интенсивностей шумов в канале наблюдения  $Q(t)$ ;

$R^{N_Y}$  – евклидово пространство размерности  $N_Y$ .

Следует отметить, что в отличие от уравнения Фоккера – Планка – Колмогорова [2, 4, 21], используемого при статистическом анализе ДСФС, уравнение Стратоновича вида (16) является стохастическим, так как в нем присутствуют шумы канала наблюдения, нелинейным относительно апостериорной ПРВ из-за наличия в нем слагаемого вида  $\langle f(y, z, t) \rangle \hat{\omega}(y, t)$ , многомерным и интегродифференциальным уравнением в частных производных.

Для нахождения решения уравнения Р. Л. Стратоновича его следует интегрировать при заданном начальном распределении апостериорной ПРВ  $\hat{\omega}(y, t_0) = \omega(y_0, t_0)$  с учетом нулевых граничных условий на бесконечности:  $\hat{\omega}(\infty, t) = 0$ .

Зная апостериорную ПРВ, можно получить любые виды оптимальных оценок фильтруемого процесса  $Y(t)$  [2–9, 11, 12, 22]. Однако аналитическое решение уравнения Стратоновича вида (16) удается получить только в одном частном случае при линейной фильтрации одномерного гауссового случайного процесса  $Y(t)$  [3, 4, 6, 8, 9, 23]. Поэтому в современной теории фильтрации учет негауссового характера апостериорной ПРВ фильтруемого процесса осуществляется путем расчета апостериорных кумулянтов [3, 4, 8, 9, 13–16]. Однако уравнения для апостериорных кумулянтов являются чрезвычайно сложными и громоздкими. Их решение в реальном масштабе времени возможно при оценке негауссовых случайных процессов с малой размерностью фазового пространства (не более 3 фазовых координат). Поэтому требуется получить уравнения для апостериорных центральных моментов в общем случае произвольного  $R$ -го порядка для негауссового фильтруемого процесса  $Y(t)$ , как это было сделано при высокоточном анализе стохастических динамических систем в [24]. При этом, исходя из вида математических моделей фильтруемого процесса (четыре типа) и канала наблюдения (семь типов), а также наличия или отсутствия зависимости (корреляции) их шумов, можно выделить восемь основных (базовых) и двадцать дополнительных вариантов задач оптимальной нелинейной фильтрации непрерывных случайных процессов.

Первая задача – фильтрация многомерного негауссового случайного процесса с аддитивными шумами вида (1) безынерционным нелинейным каналом наблюдения с аддитивными шумами вида (3).

Вторая задача – фильтрация многомерного негауссового случайного процесса с аддитивными шумами вида (1) безынерционным нелинейным каналом наблюдения с аддитивными и (или) мультипликативными шумами вида (4).

Третья задача – фильтрация многомерного негауссового случайного процесса с аддитивными и (или) мультипликативными шумами вида (2) безынерционным нелинейным каналом наблюдения с аддитивными шумами вида (3).

Четвертая задача – фильтрация многомерного негауссового случайного процесса с аддитивными и (или) мультипликативными шумами вида (2) безынерционным нелинейным каналом наблюдения с аддитивными и (или) мультипликативными шумами вида (4).

Пятая задача фильтрации по постановке совпадает с первой, шестая – со второй, седьмая – с третьей, восьмая – с четвертой, но отличается наличием инерционного канала наблюдения.

В данной статье рассматривается общая методология высокоточной нелинейной фильтрации для всех восьми основных (базовых) вариантов задач фильтрации, а инженерные расчетные алгоритмы и пример приведены только для первой задачи фильтрации. Для остальных семи вариантов задач оптимальной нелинейной фильтрации законченные инженерные алгоритмы и решенные примеры будут рассмотрены в последующих статьях.

## **2. Методика высокоточной оптимальной нелинейной фильтрации негауссовых случайных процессов**

Данная методика включает следующие восемь основных этапов работ, каждый из которых, в свою очередь, также состоит из нескольких подэтапов.

1. Получение универсальных стохастических интегродифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов произвольного  $R$ -го ( $R = 1, 2, 3, 4, \dots$ ) порядка фильтруемого многомерного процесса  $Y(t)$ , описываемого системой стохастических дифференциальных уравнений вида (1) или (2).

2. Получение развернутой системы стохастических интегродифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов требуемого порядка исходя из конкретного вида математических моделей фильтруемого процесса  $Y(t)$  и канала наблюдения  $Z(t)$ .

3. Получение развернутой системы стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов требуемого порядка путем раскрытия усреднений в соответствующих стохастических интегродифференциальных уравнениях с использованием нового метода статистической аппроксимации нелинейностей.

4. Получение уравнений связи апостериорных центральных моментов произвольного порядка с апостериорными кумулянтами для многомерных негауссовых фильтруемых процессов.

5. Получение усеченной (ограниченной) и замкнутой системы стохастических дифференциальных уравнений для учитываемых итерационным образом апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

6. Выбор критерия оптимальности фильтрации негауссовых случайных процессов и составление алгоритмов работы (синтез) высокоточных нелинейных фильтров.

7. Определение недостающих начальных условий для интегрирования замкнутой системы стохастических дифференциальных уравнений для учитываемых итерационным образом апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

8. Численное интегрирование на ПЭВМ системы стохастических дифференциальных уравнений для учитываемых апостериорных центральных моментов, уточнение алгоритмов фильтрации и получение оптимальных оценок фильтруемого процесса в реальном масштабе времени.

Теперь перейдем к поэтапному изложению данной методики.

**На первом этапе методики** необходимо получить универсальные стохастические интегродифференциальные уравнения для апостериорных центральных моментов произвольного  $R$ -го порядка фильтруемого многомерного негауссового случайного процесса

$$\begin{cases} U_{1,y} = \dot{a}_{1,1}F_1(r_1)Z_v(f_1) + \dot{a}_{1,2}F_1(r_2)Z_v(f_1) + \dot{a}_{1,3}F_1(r_3)Z_v(f_1) + \dots + \dot{a}_{1,M}F_1(r_M)Z_v(f_1), \\ U_{2,y} = \dot{a}_{2,1}F_2(r_1)Z_v(f_2) + \dot{a}_{2,2}F_2(r_2)Z_v(f_2) + \dot{a}_{2,3}F_2(r_3)Z_v(f_2) + \dots + \dot{a}_{2,M}F_2(r_M)Z_v(f_2), \\ U_{3,y} = \dot{a}_{3,1}F_3(r_1)Z_v(f_3) + \dot{a}_{3,2}F_3(r_2)Z_v(f_3) + \dot{a}_{3,3}F_3(r_3)Z_v(f_3) + \dots + \dot{a}_{3,M}F_3(r_M)Z_v(f_3), \\ \vdots \\ U_{K,y} = \dot{a}_{K,1}F_K(r_1)Z_v(f_K) + \dot{a}_{K,2}F_K(r_2)Z_v(f_K) + \dot{a}_{K,3}F_K(r_3)Z_v(f_K) + \dots + \dot{a}_{K,M}F_K(r_M)Z_v(f_K), \end{cases} \quad (6)$$

где  $\dot{a}_{k,m}$  – комплексная амплитуда сигнала, отраженного от  $m$ -й цели на  $k$ -й частоте;  $y$  – порядковый номер отсчета сигнальной смеси по выходу дециматора;  $Z_v(f_k)$  – значение амплитудно-частотной характеристики дециматора на частоте  $f_k$  в  $y$ -м отсчете.

При условии, что комплексные амплитуды сигналов на всех частотах можно считать одинаковыми и независимыми от номера отсчета ( $\dot{a}_{k,m} = a_m$ ), систему уравнений (6) перепишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{a}_1 F_1(r_1)Z_v(f_1) + \dot{a}_2 F_1(r_2)Z_v(f_1) + \dot{a}_3 F_1(r_3)Z_v(f_1) + \dots + \dot{a}_M F_1(r_M)Z_v(f_1) - U_{1,y} = 0, \\ \dot{a}_1 F_2(r_1)Z_v(f_2) + \dot{a}_2 F_2(r_2)Z_v(f_2) + \dot{a}_3 F_2(r_3)Z_v(f_2) + \dots + \dot{a}_M F_2(r_M)Z_v(f_2) - U_{2,y} = 0, \\ \dot{a}_1 F_3(r_1)Z_v(f_3) + \dot{a}_2 F_3(r_2)Z_v(f_3) + \dot{a}_3 F_3(r_3)Z_v(f_3) + \dots + \dot{a}_M F_3(r_M)Z_v(f_3) - U_{3,y} = 0, \\ \vdots \\ \dot{a}_1 F_K(r_1)Z_v(f_K) + \dot{a}_2 F_K(r_2)Z_v(f_K) + \dot{a}_3 F_K(r_3)Z_v(f_K) + \dots + \dot{a}_M F_K(r_M)Z_v(f_K) - U_{K,y} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Рассмотрим в качестве неизвестных в системе уравнений (7) комплексные амплитуды сигналов, а также множитель  $\lambda = -1$  при отсчетах напряжений. Тогда для определителя данной однородной системы уравнений, имеющей по крайней мере одно ненулевое решение ( $\lambda = -1$ ), будет справедливо тождество

$$\begin{vmatrix} Z_v(\omega_1)F_1(r_1) & Z_v(\omega_1)F_1(r_2) & Z_v(\omega_1)F_1(r_3) & \dots & Z_v(\omega_1)F_1(r_M) & U_{1,y} \\ Z_v(\omega_2)F_2(r_1) & Z_v(\omega_2)F_2(r_2) & Z_v(\omega_2)F_2(r_3) & \dots & Z_v(\omega_2)F_2(r_M) & U_{2,y} \\ Z_v(\omega_3)F_3(r_1) & Z_v(\omega_3)F_3(r_2) & Z_v(\omega_3)F_3(r_3) & \dots & Z_v(\omega_3)F_3(r_M) & U_{3,y} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_v(\omega_K)F_K(r_1) & Z_v(\omega_K)F_K(r_2) & Z_v(\omega_K)F_K(r_3) & \dots & Z_v(\omega_K)F_K(r_M) & U_{K,y} \end{vmatrix} = 0. \quad (8)$$

Для удобства дальнейшего рассмотрения воспользуемся правилом умножения определителя на число, согласно которому умножение всех элементов строки определителя на некоторое число  $\lambda$  равносильно умножению определителя на это число [3]. Соответственно пронормируем каждую из строк определителя (8) на величину  $Z_v(\omega_k)$ , где  $k = 1, \dots, K$  – порядковый номер строки:

$$\begin{vmatrix} F_1(r_1) & F_1(r_2) & F_1(r_3) & \dots & F_1(r_M) & \frac{U_{1,y}}{Z_v(\omega_1)} \\ F_2(r_1) & F_2(r_2) & F_2(r_3) & \dots & F_2(r_M) & \frac{U_{2,y}}{Z_v(\omega_2)} \\ F_3(r_1) & F_3(r_2) & F_3(r_3) & \dots & F_3(r_M) & \frac{U_{3,y}}{Z_v(\omega_3)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ F_K(r_1) & F_K(r_2) & F_K(r_3) & \dots & F_K(r_M) & \frac{U_{K,y}}{Z_v(\omega_K)} \end{vmatrix} = 0. \quad (9)$$

Следуя методике решения однородных систем уравнений, изложенной в [4], рассмотрим  $Y - M$  таких однородных уравнений с изменяющимся от 0 до  $(M - 1)$  индексом  $y$ .

$Y(t)$ . Для этого запишем определение апостериорного центрального момента произвольного  $R$ -го порядка  $\mu_{r_1 r_2 \dots r_R}$  в следующем виде:

$$\hat{\mu}_{r_1 r_2 \dots r_R} \triangleq \left\langle \overset{\circ}{Y}_{r_1} \overset{\circ}{Y}_{r_2} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_R} \right\rangle \triangleq \int_{R^{N_Y}} (y_{r_1} - \bar{M}_{r_1})(y_{r_2} - \bar{M}_{r_2}) \dots (y_{r_R} - \bar{M}_{r_R}) \hat{\omega}(y) dy, \quad (18)$$

где  $\triangleq$  означает равенство по определению;

$\overset{\circ}{Y}_r = y_r - \bar{M}_r$  – центрированное значение  $r$ -й ( $r = \overline{1, N_Y}$ ) фазовой координаты (компоненты) фильтруемого многомерного случайного процесса  $Y(t)$ ;

$\bar{M}_r$  – апостериорное математическое ожидание  $r$ -й фазовой координаты фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

Дифференцируя выражение (18) по аргументу  $t$  как сложную функцию, подставляя вместо производной апостериорной ПРВ ее значение из уравнения Стратоновича (16) и вычисляя полученные при этом интегралы, получим универсальное стохастическое интегродифференциальное уравнение для апостериорного центрального момента произвольного  $R$ -го порядка многомерного фильтруемого процесса  $Y(t)$  вида

$$\begin{aligned} \dot{\hat{\mu}}_{r_1 \dots r_R} = & \sum_{q=1}^R \left\langle A_{r_q}(Y) \overset{\circ}{Y}_{r_1} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_{q-1}} \overset{\circ}{Y}_{r_{q+1}} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_R} - \hat{\mu}_{r_1 \dots r_{q-1} r_{q+1} \dots r_R} \right\rangle + \\ & + \sum_{q=1}^R \sum_{s=1+q}^R \left\langle B_{r_q r_s}(Y) \overset{\circ}{Y}_{r_1} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_{q-1}} \overset{\circ}{Y}_{r_{q+1}} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_{s-1}} \overset{\circ}{Y}_{r_{s+1}} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_R} \right\rangle + \\ & + \sum_{q=1}^R \left\langle \overset{\circ}{Y}_{r_q} f(Y, z) \right\rangle \hat{\mu}_{r_1 \dots r_{q-1} r_{q+1} \dots r_R} + \hat{\mu}_{r_1 \dots r_R} \left\langle f(Y, z) \right\rangle - \left\langle \overset{\circ}{Y}_{r_1} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_R} f(Y, z) \right\rangle. \end{aligned} \quad (19)$$

Все обозначения, входящие в уравнение (19), пояснены выше.

Отметим, что уравнение (19) содержит три группы усреднений, содержащих коэффициенты сноса  $A_{r_q}$ , коэффициенты диффузии  $B_{r_q r_s}$  и обновляющий процесс  $f(Y, z)$ .

С использованием теории мультииндексов [27, 28] выражение (19) можно представить в более компактном виде

$$\begin{aligned} \dot{\hat{\mu}}_{\bar{r}} = & \sum_{q=1}^R \left\langle A_{r_q}(Y) \overset{\circ}{Y}_{\bar{r}(q)} - \hat{\mu}_{\bar{r}(q)} \right\rangle + \sum_{q=1}^R \sum_{s=1+q}^R \left\langle B_{r_q r_s}(Y) \overset{\circ}{Y}_{\bar{r}(q,s)} \right\rangle - \\ & - \left\langle \left( \overset{\circ}{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} - \sum_{q=1}^R \overset{\circ}{Y}_{\bar{r}_q} \hat{\mu}_{\bar{r}_q} \right) f(Y, z) \right\rangle, \end{aligned} \quad (20)$$

где  $\bar{r} = (r_1, r_2, \dots, r_R)$  – мультииндекс (векторный индекс);

$\bar{r}(q) = (r_1, \dots, r_{q-1}, r_{q+1}, \dots, r_R)$  – мультииндекс, полученный из мультииндекса  $\bar{r}$  исключением  $q$ -го индекса;

$\bar{r}(q, s)$  – мультииндекс, полученный из мультииндекса  $\bar{r}$  исключением  $q$ -го и  $s$ -го индексов;

$\overset{\circ}{Y}_{\bar{r}(q)} = \overset{\circ}{Y}_{r_1} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_{q-1}} \overset{\circ}{Y}_{r_{q+1}} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_R}$  – произведение центрированных значений фазовых координат, соответствующих мультииндексу  $\bar{r}(q)$ ;

$\overset{\circ}{Y}_{\bar{r}(q,s)} = \overset{\circ}{Y}_{r_1} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_{q-1}} \overset{\circ}{Y}_{r_{q+1}} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_{s-1}} \overset{\circ}{Y}_{r_{s+1}} \dots \overset{\circ}{Y}_{r_R}$  – произведение центрированных значений фазовых координат, соответствующих мультииндексу  $\bar{r}(q, s)$ ;

$\mu_{\bar{r}} = \mu_{r_1 \dots r_R}$  – апостериорный центральный момент произвольного  $R$ -го порядка;

$\hat{\mu}_{\bar{r}(a)} = \hat{\mu}_{r_1 \dots r_R}$  – апостериорный центральный момент  $(R-1)$ -го порядка,

соответствующий мультииндексу  $\bar{r}(q)$ ;

$R$  – порядок апостериорного центрального момента фильтруемого многомерного негауссового случайного процесса.

На основании общего уравнения (19) или (20) можно записать следующие уравнения для апостериорных центральных моментов, например, первых четырех порядков для многомерного фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

Для апостериорного математического ожидания  $M_p = \langle Y_p \rangle$   $p$ -й ( $p = \overline{1, NY}$ ) фазовой координаты многомерного фильтруемого процесса  $Y(t)$

$$\dot{M}_p = \langle A_p(Y) \rangle - \langle Y_p f(Y, z) \rangle. \quad (21)$$

Для апостериорного взаимного корреляционного момента  $\hat{D}_{pk} \triangleq \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \rangle$   $p$ -й и  $k$ -й фазовых координат (при  $k = p$  получаем выражение для апостериорной дисперсии  $p$ -й фазовой координаты) фильтруемого процесса

$$\dot{D}_{pk} = \langle A_p(Y) \dot{Y}_k + A_k(Y) \dot{Y}_p \rangle + \langle B_{pk}(Y) \rangle - \langle (\dot{Y}_p \dot{Y}_k - D_{pk}) f(Y, z) \rangle. \quad (22)$$

Для апостериорного взаимного центрального момента 3-го порядка  $\hat{\mu}_{pki} \triangleq \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i \rangle$   $p$ -й,  $k$ -й и  $i$ -й фазовых координат фильтруемого процесса (при  $i = k = p$  получаем выражение для апостериорного центрального момента третьего порядка для  $p$ -й фазовой координаты)

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_{pki} = & \langle A_p(Y)(\dot{Y}_k \dot{Y}_i - D_{ki}) + A_k(Y)(\dot{Y}_p \dot{Y}_i - D_{pi}) + A_i(Y)(\dot{Y}_p \dot{Y}_k - D_{pk}) \rangle + \\ & + \langle B_{pk}(Y) \dot{Y}_i + B_{pi}(Y) \dot{Y}_k + B_{ki}(Y) \dot{Y}_p \rangle - \langle (\dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \hat{\mu}_{pki} - \dot{Y}_p D_{ki} - \dot{Y}_k D_{pi} - \dot{Y}_i D_{pk}) f(Y, z) \rangle. \end{aligned} \quad (23)$$

Для апостериорного взаимного центрального момента 4-го порядка  $\hat{\mu}_{pkij} \triangleq \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j \rangle$   $p$ -й,  $k$ -й,  $i$ -й и  $j$ -й фазовых координат (при  $i = j = k = p$  получаем выражение для апостериорного центрального момента четвертого порядка для  $p$ -й фазовой координаты)

$$\begin{aligned} \dot{\mu}_{pkij} = & \langle A_p(Y)(\dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \hat{\mu}_{kij}) + A_k(Y)(\dot{Y}_p \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \hat{\mu}_{pij}) + A_i(Y)(\dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_j - \hat{\mu}_{pkj}) + A_j(Y)(\dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \hat{\mu}_{pki}) \rangle + \\ & + \langle B_{pk}(Y) \dot{Y}_i \dot{Y}_j + B_{pi}(Y) \dot{Y}_k \dot{Y}_j + B_{pj}(Y) \dot{Y}_i \dot{Y}_k + B_{ki}(Y) \dot{Y}_p \dot{Y}_j + B_{kj}(Y) \dot{Y}_p \dot{Y}_i + B_{ij}(Y) \dot{Y}_p \dot{Y}_k \rangle - \\ & - \langle (\dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \hat{\mu}_{pkij} - \dot{Y}_p \hat{\mu}_{kij} - \dot{Y}_k \hat{\mu}_{pij} - \dot{Y}_i \hat{\mu}_{pkj} - \dot{Y}_j \hat{\mu}_{pki}) f(Y, z) \rangle. \end{aligned} \quad (24)$$

Отметим, что уравнения вида (19) – (24) являются универсальными интегро-дифференциальными уравнениями, так как в них производные апостериорных центральных моментов не зависят от конкретного вида математической модели фильтруемого процесса и канала наблюдения, а выражены через их обобщенные характеристики, т. е. через коэффициенты вектора сноса  $A(Y, t)$ , элементы матрицы диффузии  $B(Y, t)$  и обновляющий процесс  $f(Y, z, t)$ .

Данные уравнения вида (19) – (24) являются более простыми по сравнению с известными уравнениями для апостериорных кумулянтов и позволяют учесть негауссовый характер апостериорной ПРВ при порядке учитываемого центрального вероятностного момента  $R > 2$ .



На втором этапе методики требуется получить развернутую систему стохастических интегродифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса исходя из конкретного вида математических моделей фильтруемого процесса и канала наблюдения. Для этого необходимо было выполнить следующие четыре подэтапа работ:

*первый* – записать по известной методике [2–4, 8, 9, 24] выражения для коэффициентов сноса  $A_p(Y)$  и диффузии  $B_{pk}(Y)$  для заданного класса математической модели фильтруемого случайного процесса  $Y(t)$ ;

*второй* – для заданного класса математической модели стохастического канала наблюдения (одна из формул (3) – (9)) записать выражение для обновляющего процесса  $f(Y, z, t)$ ;

*третий* – в универсальных стохастических интегродифференциальных уравнениях для апостериорных центральных моментов вида (19) – (24) преобразовать все усреднения типа  $\langle \dot{Y} f(Y, z, t) \rangle$  и т. д., содержащие обновляющий процесс, к удобному алгоритмическому виду;

*четвертый* – подставить полученные выражения для коэффициентов сноса, коэффициентов диффузии и усреднений, содержащих обновляющий процесс, в универсальные стохастические интегродифференциальные уравнения вида (19) – (24).

Выполним эти действия.

Сначала получим развернутую систему стохастических интегродифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов негауссового многомерного фильтруемого процесса с аддитивным белым шумом, описываемого уравнением вида (1).

Для получения инженерных расчетных алгоритмов представим выражение (1) в покомпонентном виде

$$\dot{Y}_p = c_p + \sum_{j=1}^{N_Y} d_{pj} Y_j + \sum_{j=1}^{N_\Phi} b_{pj} \Phi_j(Y) + \sum_{m=1}^{N_V} h_{pm} V_m. \quad (25)$$

Для нелинейной наблюдаемой системы (негауссового фильтруемого процесса), описываемой системой стохастических дифференциальных уравнений вида (25), коэффициенты сноса и диффузии запишутся так [2–4, 8, 9, 24]:

$$A_p(Y) = c_p + \sum_{i=1}^{N_Y} d_{pi} Y_i + \sum_{j=1}^{N_\Phi} b_{pj} \Phi_j(Y); \quad (26)$$

$$B_{pk}(Y) = \sum_{l,q=1}^{N_V} h_{pl} G_{lq} h_{kq}. \quad (27)$$

Математическую модель безынерционного нелинейного канала наблюдения с аддитивными белыми гауссовыми шумами вида (3) также представим в покомпонентном виде

$$z_p = \sum_{j=1}^{N_Z} s_{pj} \Psi_j(Y) + \sum_{i=1}^{N_N} m_{pi} N_i, \quad p = \overline{1, N_Z}. \quad (28)$$

На основании формул (17) и (28) выражение для обновляющего процесса  $f(Y, z, t)$  будет иметь вид

$$f(Y, z, t) = \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_Z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r z_n - z_r \sum_{j=1}^{N_V} s_{rj} \Psi_j(Y) - z_n \sum_{i=1}^{N_V} s_{ni} \Psi_i(Y) + \sum_{i,j=1}^{N_V} s_{ri} s_{nj} \Psi_i(Y) \Psi_j(Y) \right]. \quad (29)$$

Теперь необходимо в уравнениях для апостериорных центральных моментов вида (19) – (24) преобразовать все усреднения, содержащие обновляющий процесс  $f(Y, z, t)$ , к удобному алгоритмическому виду.

Усреднение от обновляющего процесса, входящее в общее универсальное стохастическое интегродифференциальное уравнение вида (20), преобразуем так:

$$\begin{aligned} \bar{f}(z) = & \left\langle \sum_{q=1}^R \hat{\mu}_{\bar{r}(q)} \dot{Y}_{r_q} + \hat{\mu}_{\bar{r}} - \dot{Y}_{\bar{r}} f(Y, z) \right\rangle = \sum_{q=1}^R \hat{\mu}_{\bar{r}(q)} \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} f(Y, z) \right\rangle + \hat{\mu}_{\bar{r}} \left\langle f(Y, z) \right\rangle - \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} f(Y, z) \right\rangle = \\ & = \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left\{ \sum_{q=1}^R \hat{\mu}_{\bar{r}(q)} \left[ -z_r \left\langle \dot{Y}_{r_q} \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \psi_j(Y) \right\rangle - z_n \left\langle \dot{Y}_{r_q} \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \psi_i(Y) \right\rangle + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + \left\langle \dot{Y}_{r_q} \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \psi_i(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right] + z_r \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \psi_j(Y) \right\rangle + \right. \\ & \quad \left. + z_n \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \psi_i(Y) \right\rangle - \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \psi_i(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right\}. \quad (30) \end{aligned}$$

Усреднение вида  $\langle \dot{Y}_p f(Y, z) \rangle$ , входящее в уравнение (21) для расчета апостериорного математического ожидания  $p$ -й фазовой координаты фильтруемого процесса  $Y(t)$ , преобразуем к следующему виду:

$$\begin{aligned} \bar{f}_1(z) = \left\langle \dot{Y}_p f(Y, z) \right\rangle = & \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r \sum_{j=1}^{N_w} \left\langle \dot{Y}_p s_{nj} \psi_j(Y) \right\rangle + \right. \\ & \left. + z_n \sum_{i=1}^{N_w} \left\langle \dot{Y}_p s_{ri} \psi_i(Y) \right\rangle - \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \left\langle \dot{Y}_p \psi_i(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right]. \quad (31) \end{aligned}$$

Усреднение вида  $\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \bar{D}_{pk} f(Y, z) \rangle$ , входящее в уравнение (22) для расчета апостериорного взаимного корреляционного момента  $p$ -й и  $k$ -й фазовых координат фильтруемого процесса  $Y(t)$ , преобразуем к следующему удобному алгоритмическому виду:

$$\begin{aligned} \bar{f}_2(z) = \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \bar{D}_{pk} f(Y, z) \right\rangle = & \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \bar{D}_{pk} \psi_j(Y) \right\rangle + \right. \\ & \left. + z_n \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \bar{D}_{pk} \psi_i(Y) \right\rangle - \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \bar{D}_{pk} \psi_i(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right]. \quad (32) \end{aligned}$$

Аналогичным образом преобразуются к удобному алгоритмическому виду и усреднения от обновляющего процесса в уравнениях для апостериорных центральных моментов третьего и четвертого порядков вида (23) и (24).

Раскрытие усреднений от обновляющего процесса для инерционного канала наблюдения с аддитивным белым шумом вида (5) также осуществляется по формулам (30) – (32), но только с заменой  $Z$  на  $Z^*$ .

Далее, подставляя полученные выражения для коэффициентов сноса вида (26), матрицы диффузии вида (27) и усреднений от обновляющего процесса вида (30) – (32) в общее универсальное стохастическое интегродифференциальное уравнение вида (20), получим следующую развернутую систему стохастических интегродифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов произвольного  $R$ -го порядка фильтруемого процесса:

$$\begin{aligned}
\dot{\hat{\mu}}_{\bar{r}} = & \sum_{q=1}^R \sum_{j=1}^{N_y} d_{qi} \hat{\mu}_{j\bar{r}(q)} + \sum_{q=1}^R \sum_{j=1}^{N_m} \left[ b_{qj} \left\langle \phi_j(Y) (Y_{\bar{r}(n)} - \hat{\mu}_{r(n)}) \right\rangle \right] + \sum_{l,q=1}^{N_r} G_{lq} \sum_{n=1}^R \sum_{s=n+1}^R h_{r,n} h_{r,s} \hat{\mu}_{r(n,s)} + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left\{ \sum_{q=1}^R \hat{\mu}_{\bar{r}(q)} \left[ -z_n \left\langle \dot{Y}_{r_q} \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \psi_j(Y) \right\rangle - z_r \left\langle \dot{Y}_{r_q} \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \psi_i(Y) \right\rangle + \right. \right. \\
& \left. \left. + \left\langle \dot{Y}_{r_q} \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \psi_i(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right] + z_r \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \psi_j(Y) \right\rangle + \right. \\
& \left. + z_n \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \psi_i(Y) \right\rangle - \left\langle \dot{Y}_{\bar{r}} - \hat{\mu}_{\bar{r}} \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \psi_i(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right\}, \quad (33)
\end{aligned}$$

где  $j\bar{r} = (j, r_1, r_{q-1}, r_{q+1}, \dots, r_R)$  – мультииндекс порядка  $R$ , полученный путем исключения из мультииндекса  $\bar{r}$   $q$ -го индекса и добавления  $j$ -го индекса;

$\hat{\mu}_{j\bar{r}(q)}$  – апостериорный центральный момент  $R$ -го порядка, соответствующий мультииндексу  $j\bar{r}(q)$ .

На основании общего уравнения (33) можно записать развернутые стохастические интегродифференциальные уравнения для апостериорных центральных моментов, например, первых четырех порядков.

Развернутое стохастическое интегродифференциальное уравнение для апостериорного математического ожидания  $p$ -й фазовой координаты фильтруемого процесса будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
\dot{M}_p = & c_p + \sum_{i=1}^{N_y} d_{pi} \hat{M}_i + \sum_{j=1}^{N_m} b_{pj} \langle \phi_j(Y) \rangle + \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \langle \dot{Y}_p \psi_j(Y) \rangle + \right. \\
& \left. + z_n \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \langle \dot{Y}_p \psi_i(Y) \rangle - \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \langle \dot{Y}_p \psi_i(Y) \psi_j(Y) \rangle \right]. \quad (34)
\end{aligned}$$

Развернутое стохастическое интегродифференциальное уравнение для апостериорного корреляционного момента  $p$ -й и  $k$ -й фазовых координат запишется так:

$$\begin{aligned}
\dot{\hat{D}}_{pk} = & \sum_{i=1}^{N_y} d_{pi} \hat{D}_{ik} + d_{ki} \hat{D}_{ip} + \sum_{j=1}^{N_m} b_{pj} \langle \dot{Y}_k \phi_j(Y) \rangle + b_{kj} \langle \dot{Y}_p \phi_j(Y) \rangle + \sum_{l,q=1}^{N_r} h_{pl} G_{lq} h_{kq} + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \hat{D}_{pk} \psi_j(Y) \rangle + z_n \sum_{i=1}^{N_w} s_{ri} \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \hat{D}_{pk} \psi_i(Y) \rangle - \right. \\
& \left. - \sum_{i,j=1}^{N_w} s_{ri} s_{nj} \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \hat{D}_{pk} \psi_i(Y) \psi_j(Y) \rangle \right]. \quad (35)
\end{aligned}$$

Развернутое стохастическое интегродифференциальное уравнение для апостериорного центрального момента 3-го порядка  $p$ -й,  $k$ -й и  $i$ -й фазовых координат будет иметь вид

$$\dot{\hat{\mu}}_{pki} = \sum_{a=1}^{N_y} d_{pa} \hat{\mu}_{aki} + d_{ka} \hat{\mu}_{api} + d_{ia} \hat{\mu}_{apk} + \sum_{a=1}^{N_m} \left[ b_{pa} \langle \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \hat{D}_{ki} \phi_a(Y) \rangle + b_{ka} \langle \dot{Y}_p \dot{Y}_i - \hat{D}_{pi} \phi_a(Y) \rangle + \right.$$

$$\begin{aligned}
& + b_{ia} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k - \bar{D}_{pk} \varphi_a(Y) \right\rangle + \sum_{l,q=1}^{N_r} G_{lq} h_{pl} h_{kq} \bar{M}_i + h_{kl} h_{iq} \bar{M}_p + h_{pl} h_{iq} \bar{M}_k + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r \sum_{j=1}^{N_w} s_{nj} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \bar{\mu}_{pki} - \dot{Y}_p \bar{D}_{ki} - \dot{Y}_k \bar{D}_{pi} - \dot{Y}_i \bar{D}_{pk} \psi_j(Y) \right\rangle + \right. \\
& \quad \left. + z_n \sum_{j=1}^{N_w} s_{rj} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \bar{\mu}_{pki} - \dot{Y}_p \bar{D}_{ki} - \dot{Y}_k \bar{D}_{pi} - \dot{Y}_i \bar{D}_{pk} \psi_j(Y) \right\rangle - \right. \\
& \quad \left. - \sum_{a,j=1}^{N_w} s_{ra} s_{nj} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \bar{\mu}_{pki} - \dot{Y}_p \bar{D}_{ki} - \dot{Y}_k \bar{D}_{pi} - \dot{Y}_i \bar{D}_{pk} \psi_a(Y) \psi_j(Y) \right\rangle \right]. \quad (36)
\end{aligned}$$

Развернутое стохастическое интегродифференциальное уравнение для апостериорного центрального момента 4-го порядка  $p$ -й,  $k$ -й,  $i$ -й и  $j$ -й фазовых координат выглядит так:

$$\begin{aligned}
\dot{\bar{\mu}}_{pkij} = & \sum_{a=1}^{N_r} d_{pa} \bar{\mu}_{akij} + d_{ka} \bar{\mu}_{apij} + d_{ia} \bar{\mu}_{apkj} + d_{ja} \bar{\mu}_{apki} + \sum_{a=1}^{N_w} \left[ h_{pa} \left\langle \dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \bar{\mu}_{kij} \varphi_a(Y) \right\rangle + \right. \\
& + b_{ka} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \bar{\mu}_{pij} \varphi_a(Y) \right\rangle + b_{ia} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_j - \bar{\mu}_{pkj} \varphi_a(Y) \right\rangle + b_{ja} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i - \bar{\mu}_{pki} \varphi_a(Y) \right\rangle \left. \right] + \\
& + \sum_{l,q=1}^{N_r} G_{lq} h_{pl} h_{kq} \bar{D}_{ij} + h_{pl} h_{iq} \bar{D}_{kj} + h_{pl} h_{jq} \bar{D}_{ki} + h_{kl} h_{iq} \bar{D}_{pj} + h_{kl} h_{jq} \bar{D}_{pi} + h_{il} h_{jq} \bar{D}_{pk} + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{r,n=1}^{N_z} \frac{Q_{r,n}}{|Q|} \left[ z_r \sum_{b=1}^{N_w} s_{nb} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \bar{\mu}_{pkij} - \dot{Y}_p \bar{\mu}_{kij} - \dot{Y}_k \bar{\mu}_{pij} - \dot{Y}_i \bar{\mu}_{pkj} - \dot{Y}_j \bar{\mu}_{pki} \psi_b(Y) \right\rangle + \right. \\
& \quad \left. + z_n \sum_{a=1}^{N_w} s_{ra} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \bar{\mu}_{pkij} - \dot{Y}_p \bar{\mu}_{kij} - \dot{Y}_k \bar{\mu}_{pij} - \dot{Y}_i \bar{\mu}_{pkj} - \dot{Y}_j \bar{\mu}_{pki} \psi_a(Y) \right\rangle - \right. \\
& \quad \left. - \sum_{a,b=1}^{N_w} s_{ra} s_{nb} \left\langle \dot{Y}_p \dot{Y}_k \dot{Y}_i \dot{Y}_j - \bar{\mu}_{pkij} - \dot{Y}_p \bar{\mu}_{kij} - \dot{Y}_k \bar{\mu}_{pij} - \dot{Y}_i \bar{\mu}_{pkj} - \dot{Y}_j \bar{\mu}_{pki} \psi_a(Y) \psi_b(Y) \right\rangle \right]. \quad (37)
\end{aligned}$$

Отметим, что развернутые уравнения для апостериорных центральных моментов вида (33) – (37) также являются стохастическими интегродифференциальными. Они содержат в правой части усреднения по апостериорной ПРВ от различных нелинейных функций.

**На третьем этапе методики** необходимо раскрыть все усреднения в правых частях уравнений (34) – (37) и таким образом получить стохастические дифференциальные уравнения для апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

Наиболее эффективно раскрытие этих усреднений можно осуществить с использованием нового метода статистической аппроксимации произвольных нелинейностей, разработанного профессором И. М. Косачевым и его учеником М. Г. Ерошенковым [24]. Суть данного метода состоит в расчете усреднений от произвольной нелинейной функции  $\varphi(Y)$  как взвешенной суммы значений этой же нелинейной функции в некоторых специальных точках, называемых узлами аппроксимации, выбор которых определяется текущими значениями рассчитываемых апостериорных центральных моментов – аргументов нелинейности. При разработке метода статистической

аппроксимации также комплексно использовались идеи других методов, в частности моментно-семиинвариантного [14, 15], нормальной аппроксимации ПРВ, функциональных рядов [3, 4, 6], эквивалентных возмущений [3], интерполяционного [2], ортогональных разложений ПРВ [4, 6], разложения нелинейности в обобщенный ряд Тейлора и его экономизации на основе квадратурных формул Гаусса – Эрмита [19, 20, 29], ортогонализации Грамма – Шмидта в соответствующем гильбертовом пространстве [21].

В простейшем случае для одноаргументных нелинейностей  $\varphi(Y)$  при гауссовой ПРВ аргумента нелинейности раскрытие усреднений в уравнениях (34) – (37) осуществляется по формуле

$$\langle \varphi(Y) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(y) \bar{\omega}(y) dy = \sum_{i=1}^n \lambda_i \varphi(\bar{M}_y + \bar{\sigma}_y u_i), \quad (38)$$

где  $\bar{M}_y, \bar{\sigma}_y$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение аргумента нелинейности  $\varphi(Y)$  соответственно;

$\lambda_i$  – весовые коэффициенты (веса) аппроксимации;

$u_i$  – узлы аппроксимации.

Значения весовых коэффициентов и узлов для ряда  $n$ -точечных ( $n = \overline{1, 20}$ ) аппроксимаций произвольных нелинейностей приведены в таблице 1 [24].

Таблица 1 – Значения узлов и весовых коэффициентов для статистической аппроксимации усредняемых нелинейностей

Число точек аппроксимации $n$	Узлы аппроксимации $u_i$	Весовые коэффициенты аппроксимации $\lambda_i$
1	$u_1 = 0$	$\lambda_1 = 1$
2	$u_{1,2} = \pm 1$	$\lambda_{1,2} = 0,5$
3	$u_1 = 0$ $u_{2,3} = \pm 1,73205080760$	$\lambda_1 = 0,66666666667$ $\lambda_{2,3} = 0,16666666667$
4	$u_{i,1,2} = \pm 0,74196378430$ $u_{3,4} = \pm 2,334414421830$	$\lambda_{1,2} = 0,45412414523$ $\lambda_{3,4} = 0,04587585477$
5	$u_1 = 0$ $u_{2,3} = \pm 1,40835482410$ $u_{4,5} = \pm 2,85697001390$	$\lambda_1 = 0,53333333333$ $\lambda_{2,3} = 0,22207592201$ $\lambda_{4,5} = 0,01125741133$
6	$u_{1,2} = \pm 0,61670659019$ $u_{3,4} = \pm 1,88917587780$ $u_{5,6} = \pm 3,32425743360$	$\lambda_{1,2} = 0,408772050060$ $\lambda_{3,4} = 0,08861574604$ $\lambda_{5,6} = 0,00255578440$
7	$u_1 = 0$ $u_{2,3} = \pm 1,15440539470$ $u_{4,5} = \pm 2,36675941070$ $u_{6,7} = \pm 3,75043971770$	$\lambda_1 = 0,45714285714$ $\lambda_{2,3} = 0,24012317860$ $\lambda_{4,5} = 0,03075712397$ $\lambda_{6,7} = 0,00054826886$
8	$u_{1,2} = \pm 0,539007981135$ $u_{3,4} = \pm 1,63651904240$ $u_{5,6} = \pm 2,80248586130$ $u_{7,8} = \pm 4,14454718610$	$\lambda_{1,2} = 0,37301225768$ $\lambda_{3,4} = 0,11723990766$ $\lambda_{5,6} = 0,00963522012$ $\lambda_{7,8} = 0,00011261454$
9	$u_1 = 0$ $u_{2,3} = \pm 1,02325566380$ $u_{4,5} = \pm 2,076847941070$ $u_{6,7} = \pm 3,20542900290$ $u_{8,9} = \pm 4,51274586340$	$\lambda_1 = 0,40634920635$ $\lambda_{2,3} = 0,24409750289$ $\lambda_{4,5} = 0,04991640677$ $\lambda_{6,7} = 0,00278914132$ $\lambda_{8,9} = 0,00002234584$

Окончание таблицы 1

Число точек аппроксимации $n$	Узлы аппроксимации $u_i$	Весовые коэффициенты аппроксимации $\lambda_i$
10	$u_{1,2} = \pm 0,484935707525$ $u_{3,4} = \pm 1,46598909440$ $u_{5,6} = \pm 2,48432584160$ $u_{7,8} = \pm 3,58182348360$ $u_{9,10} = \pm 4,85946282830$	$\lambda_{1,2} = 0,34464233494$ $\lambda_{3,4} = 0,13548370298$ $\lambda_{5,6} = 0,01911158050$ $\lambda_{7,8} = 0,00075807093$ $\lambda_{9,10} = 0,00000431065$
12	$u_{1,2} = \pm 0,44440300194$ $u_{3,4} = \pm 1,34037519720$ $u_{5,6} = \pm 2,25946445100$ $u_{7,8} = \pm 3,22370982880$ $u_{9,10} = \pm 4,27182584790$ $u_{11,12} = \pm 5,50090170450$	$\lambda_{1,2} = 0,32166436151$ $\lambda_{3,4} = 0,14696794805$ $\lambda_{5,6} = 0,02911668791$ $\lambda_{7,8} = 0,00220338069$ $\lambda_{9,10} = 0,00004837185$ $\lambda_{11,12} = 0,00000015$
16	$u_{1,2} = \pm 0,38676060450$ $u_{3,4} = \pm 1,1638290060$ $u_{5,6} = \pm 1,95198034570$ $u_{7,8} = \pm 2,76024504760$ $u_{9,10} = \pm 3,60087362420$ $u_{11,12} = \pm 4,49295530250$ $u_{13,14} = \pm 5,47222570600$ $u_{15,16} = \pm 6,63087819840$	$\lambda_{1,2} = 0,28656852124$ $\lambda_{3,4} = 0,15833837275$ $\lambda_{5,6} = 0,047284752351$ $\lambda_{7,8} = 0,00726693760$ $\lambda_{9,10} = 0,00052598493$ $\lambda_{11,12} = 0,00001530003$ $\lambda_{13,14} = 0,00000013095$ $\lambda_{15,16} = 0,00000015000$
20	$u_{1,2} = \pm 0,34696415708$ $u_{3,4} = \pm 1,04294534880$ $u_{5,6} = \pm 1,74524732080$ $u_{7,8} = \pm 2,45866361120$ $u_{9,10} = \pm 3,18901481660$ $u_{11,12} = \pm 3,94396735070$ $u_{13,14} = \pm 4,73458138400$ $u_{15,16} = \pm 5,5787380590$ $u_{17,18} = \pm 6,51059015700$ $u_{19,20} = \pm 7,61904854170$	$\lambda_{1,2} = 0,26079306345$ $\lambda_{3,4} = 0,16173933398$ $\lambda_{5,6} = 0,06150637206$ $\lambda_{7,8} = 0,01399783745$ $\lambda_{9,10} = 0,00183010313$ $\lambda_{11,12} = 0,00012882628$ $\lambda_{13,14} = 0,00000440212$ $\lambda_{15,16} = 0,00000061127$ $\lambda_{17,18} = 0,00000000025$ $\lambda_{19,20} = 0,00000000003$

Примечание. В таблице 1 в каждой строке значение первого узла берется со знаком «+», а второго – со знаком «-».

В [24] доказано, что предложенная  $n$ -точечная статистическая аппроксимация нелинейностей вида (38) абсолютно точна на полиномах степени  $2n - 1$ . Это позволяет рассчитать необходимое число точек аппроксимации  $n$  нелинейности  $\varphi(Y)$ , при которых обеспечивается нулевая ошибка ее аппроксимации

$$n = \frac{C_n + 1}{2}, \quad (39)$$

где  $C_n$  – максимальная степень полинома нелинейности  $\varphi(Y)$ .

Например, для нелинейностей  $y^3$ ,  $y^5$ ,  $y^7$  абсолютно точными будут двух-, трех- и четырехточечная аппроксимации соответственно.

Покажем это на примере раскрытия усреднения от нелинейности  $\varphi(y) = y^3$ . Точное вычисление этого усреднения дает

$$\langle \varphi(Y) \rangle = \langle Y^3 \rangle = \langle (Y + M_y)^3 \rangle = \langle Y^3 + 3Y^2 M_y + 3Y M_y^2 + M_y^3 \rangle = M_y^3 + 3\sigma_y^2 M_y. \quad (40)$$

Применяя формулу (38) для двухточечной статистической аппроксимации ( $n = 2$ ) и беря из таблицы 1 значения узлов  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = -1$  и весов  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,5$ , получаем

$$\langle \varphi(Y) \rangle = \frac{1}{2}(\bar{M}_y - \bar{\sigma}_y)^3 + \frac{1}{2}(\bar{M}_y + \bar{\sigma}_y)^3 = \bar{M}_y^3 + 3\bar{\sigma}_y^2 \bar{M}_y. \quad (41)$$

Сравнивая выражения (40) и (41), убеждаемся в их тождественности, что подтверждает точность предложенного метода статистической аппроксимации нелинейностей.

Для разрывных нелинейностей (например,  $\text{sgn } y$ ) точность аппроксимации зависит от близости математического ожидания к точке разрыва и величины дисперсии фазовой координаты  $y$  – аргумента нелинейности. Для большинства разрывных нелинейностей в выражении (38) достаточно ограничиться 8–10-точечной аппроксимацией.

При негауссовой ПРВ аргумента нелинейности  $\varphi(Y)$  раскрытие усреднений в уравнениях (33) – (37) осуществляется по формуле

$$\langle \varphi(Y) \rangle = \sum_{i=1}^n \lambda_i^* \varphi(\bar{M}_y + \bar{\sigma}_y^* u_i^*), \quad (42)$$

где  $u_i^*$ ,  $\lambda_i^*$  – уточненные значения узлов и весов соответственно из-за негауссового характера апостериорной ПРВ аргумента нелинейности  $\varphi(Y)$ , определяемые следующим образом.

При интегрировании на ПЭВМ стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов в начальный момент времени  $t_0$  начальные значения узлов  $u_i^*$  и весов  $\lambda_i^*$  аппроксимации в формуле (42) также берутся из таблицы 1. Затем они в процессе интегрирования на этапе приработки задачи фильтрации (20–30 шагов интегрирования) итерационным образом уточняются по значениям рассчитываемых апостериорных центральных моментов по методике, изложенной в [24]. Например, при двухточечной аппроксимации нелинейности  $\varphi(Y)$  значения уточненных узлов  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  и весов  $\lambda_1^*$ ,  $\lambda_2^*$  аппроксимации рассчитываются по следующим формулам:

$$u_1^* = \frac{1}{2} \bar{\gamma}_1 - \sqrt{\bar{\gamma}_1^2 + 4}; \quad u_2^* = \frac{1}{2} \bar{\gamma}_1 + \sqrt{\bar{\gamma}_1^2 + 4}; \quad (43)$$

$$\lambda_1^* = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\bar{\gamma}_1}{\sqrt{\bar{\gamma}_1^2 + 4}} \right); \quad \lambda_2^* = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\bar{\gamma}_1}{\sqrt{\bar{\gamma}_1^2 + 4}} \right), \quad (44)$$

где  $\bar{\gamma}_1 = \frac{\mu_3}{\sigma_y^3}$  – коэффициент асимметрии апостериорной ПРВ аргумента нелинейности.

Раскрытие усреднения от произвольной многоаргументной нелинейной функции  $\varphi(Y)$  как при гауссовой, так и при произвольной апостериорной многомерной ПРВ фильтруемого процесса и независимых аргументах нелинейности осуществляется по формуле

$$\langle \varphi(Y) \rangle = \sum_{i_1=1}^{n_1} \dots \sum_{i_N=1}^{n_N} \lambda_{i_1} \dots \lambda_{i_N} \varphi(\bar{M}_1 + \bar{\sigma}_1 u_{i_1}, \dots, \bar{M}_N + \bar{\sigma}_N u_{i_N}). \quad (45)$$

Например, для двухаргументной нелинейности  $\varphi(y_1, y_2)$  при двухточечной одномерной статистической аппроксимации по каждому аргументу с учетом значений узлов и весов аппроксимации, приведенных в таблице 1, формула (45) преобразуется к виду

$$\langle \varphi(Y_1, Y_2) \rangle = \frac{1}{4} \left[ \varphi(\bar{M}_1 - \bar{\sigma}_1, \bar{M}_2 - \bar{\sigma}_2) + \varphi(\bar{M}_1 - \bar{\sigma}_1, \bar{M}_2 + \bar{\sigma}_2) + \varphi(\bar{M}_1 + \bar{\sigma}_1, \bar{M}_2 - \bar{\sigma}_2) + \varphi(\bar{M}_1 + \bar{\sigma}_1, \bar{M}_2 + \bar{\sigma}_2) \right]. \quad (46)$$

В частном случае, когда многоаргументная нелинейность представляет собой произведение одноаргументных нелинейностей вида

$$\varphi(y_1, y_2, \dots, y_N) = \prod_{i=1}^N \varphi_i(y_i), \quad (47)$$

формула (45) преобразуется в следующее выражение:

$$\langle \varphi(Y_1, \dots, Y_N) \rangle = \prod_{k=1}^N \left[ \sum_{i=1}^n \lambda_i \varphi_k(\bar{M}_k + \bar{\sigma}_k u_i) \right]. \quad (48)$$

Узлы  $u_i$  и веса  $\lambda_i$  статистической аппроксимации, входящие в формулы (45) и (48), также берутся из таблицы 1.

Если в многоаргументной нелинейности  $\varphi(Y_1, \dots, Y_N)$  ее аргументы являются зависимыми или (и) имеют негауссовое распределение, то усреднение от такой нелинейности также рассчитывается по формулам (45) – (48), но при этом в них также подставляются уточненные значения узлов и весов аппроксимации, рассчитываемые по вышеизложенной методике (после формулы (42)).

При использовании модифицированного моментно-семиинвариантного метода, основанного на предположении о малости смешанных кумулянтов выше второго порядка, исходную многоаргументную апостериорную ПРВ можно представить разложением в ряд по одномерным апостериорным ПРВ [30]:

$$\bar{\omega}(y_1, y_2, \dots, y_N) = \prod_{i=1}^N \bar{\omega}_i(y_i) \left[ 1 + \sum_{p=1}^{N-1} \sum_{q=p+1}^N \frac{\bar{D}_{pq}}{\bar{D}_{pp} \bar{D}_{qq}} y_p y_q \right]. \quad (49)$$

Такое представление исходной многоаргументной апостериорной ПРВ аргументов усредняемой нелинейности позволяет учесть взаимосвязи аргументов нелинейности только с точностью до взаимных корреляционных моментов. Тогда с учетом (49) на основании (45) раскрытие усреднения от произвольной многоаргументной нелинейности можно рассчитать по более простой формуле

$$\langle \varphi(Y_1, \dots, Y_N) \rangle = \sum_{i_1=1}^{n_1} \dots \sum_{i_N=1}^{n_N} \lambda_{i_1} \dots \lambda_{i_N} \varphi(\bar{M}_1 + \bar{\sigma}_1 u_{i_1}, \dots, \bar{M}_N + \bar{\sigma}_N u_{i_N}) \left[ 1 + \sum_{p=1}^{N-1} \sum_{q=p+1}^N \bar{\rho}_{pq} u_{i_p} u_{i_q} \right], \quad (50)$$

где  $\bar{\rho}_{pq} = \frac{\bar{D}_{pq}}{\sqrt{\bar{D}_{pp}} \sqrt{\bar{D}_{qq}}}$  – коэффициент корреляции  $p$ -го и  $q$ -го аргументов нелинейности.

Для тех аргументов, одномерная ПРВ которых близка к нормальной, узлы  $u_{i_p}$  и веса  $\lambda_{i_p}$  ( $p = \overline{1, N}$ ) статистической аппроксимации, входящие в формулу (50), берутся из



таблицы 1, а для остальных аргументов, имеющих негауссовую ПРВ, рассчитываются по методике, изложенной выше.

После раскрытия таким образом всех усреднений в уравнениях (33) – (37) получаем соответствующие развернутые системы стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов многомерного негауссового фильтруемого процесса.

**На четвертом этапе методики** требуется получить формулы связи апостериорных центральных моментов произвольного  $R$ -го порядка с апостериорными кумулянтами для многомерного негауссового фильтруемого процесса. Как уже отмечалось, апостериорные центральные моменты фильтруемого процесса не обладают монотонностью затухания с ростом их порядка. Например, для одномерного гауссового случайного процесса третий и все другие нечетные высшие моменты равны нулю, центральный момент четвертого порядка равен  $3D_y^2$ , а шестого порядка равен  $15D_y^3$  (где  $D_y$  – дисперсия этого случайного процесса). Данное обстоятельство не позволяет осуществить обоснованное усечение и замыкание полученной развернутой системы стохастических дифференциальных уравнений вида (34) – (37) для апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса.

Свойством монотонности затухания обладают кумулянты (семиинварианты) случайного фильтруемого процесса  $Y(t)$ . Однако формулы связи кумулянтов и центральных вероятностных моментов получены М. Л. Дашевским для моментов невысокого порядка ( $R = 6$ ) [13, 14]. Поэтому нами было получено уравнение связи апостериорных центральных моментов произвольного  $R$ -го порядка с апостериорными кумулянтами  $\bar{\chi}_{\bar{r}}$  для многомерных случайных процессов, которое имеет вид

$$\bar{\chi}_{\bar{r}} + \sum_{k=1}^{n_2(R)} \sum_{\bar{q}_k \sim r} \prod \bar{q}_k = \bar{\mu}_{\bar{r}}, \quad (51)$$

где  $n_2(R)$  – число простых аддитивных разложений второго и более высокого порядков числа  $R$  [26], например  $6 = 2 + 4 = 3 + 3 = 2 + 2 + 2$ ;

$\bar{q}_k \sim \bar{r}$  означает, что суммирование производится по всем мультииндексам  $\bar{q}_k$ , подобным мультииндексу  $\bar{r}$  и соответствующим  $k$ -му аддитивному разложению, т. е.  $q_k$  получается перестановкой индексов из  $r$  и является произведением независимых циклов [25];

$\prod_{\bar{q}_k}$  – произведение кумулянтов, соответствующее мультииндексу  $\bar{q}_k$  и  $k$ -му аддитивному разложению числа  $R$ .

Напомним, что порядки апостериорных кумулянтов и апостериорных центральных моментов совпадают.

На основании общего выражения (51) запишем уравнения связи апостериорных кумулянтов с апостериорными центральными моментами, например для первых шести порядков, что достаточно для высокоточной фильтрации негауссовых случайных процессов с относительной погрешностью не более 2–5% при любом виде апостериорной ПРВ фильтруемого процесса  $Y(t)$ , имеющей конечную дисперсию.

При  $R = 1$ :

в наших обозначениях  $\bar{\chi}_{r_1} = \bar{M}_{r_1}$ , или в более наглядном виде  $\bar{\chi}_{p_1} = \bar{M}_{p_1}$ .

При  $R = 2$ :

в наших обозначениях  $\bar{\chi}_{r_1 r_2} = \bar{D}_{r_1 r_2}$ , или в более наглядном виде  $\bar{\chi}_{p_1 p_2} = \bar{D}_{p_1 p_2}$ .

При  $R = 3$ :

в наших обозначениях  $\bar{\chi}_{\bar{r}} = \bar{\chi}_{r_1 r_2 r_3} = \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_3}$ , или в более наглядном виде  $\bar{\chi}_{pki} = \bar{\mu}_{pki}$ .

При  $R = 4$ :

в наших обозначениях

$$\bar{\chi}_{\bar{r}} = \bar{\chi}_{r_1 r_2 r_3 r_4} = \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_3 r_4} - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^4 \bar{D}_{r_i r_j} \bar{D}_{r_p r_k} = \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_3 r_4} - \bar{D}_{r_1 r_2} \bar{D}_{r_3 r_4} - \bar{D}_{r_1 r_3} \bar{D}_{r_2 r_4} - \bar{D}_{r_1 r_4} \bar{D}_{r_2 r_3},$$

или в более наглядном виде

$$\bar{\chi}_{p k j} = \bar{\mu}_{p k j} - \bar{D}_{p k} \bar{D}_{i j} - \bar{D}_{p i} \bar{D}_{k j} - \bar{D}_{p j} \bar{D}_{k i},$$

где мультииндекс  $(i, j, p, k)$  получается перестановкой из мультииндекса  $(1, 2, 3, 4)$ , т. е. все индексы  $i, j, p, k$  не равны между собой и принимают значения от 1 до 4.

При  $R = 5$ :

в наших обозначениях

$$\begin{aligned} \bar{\chi}_{r_1 r_2 r_3 r_4 r_5} = & \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_3 r_4 r_5} - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^5 \bar{D}_{r_i r_j} \bar{\mu}_{r_p r_k r_l} = \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_3 r_4 r_5} - \bar{D}_{r_1 r_2} \bar{\mu}_{r_3 r_4 r_5} - \bar{D}_{r_1 r_3} \bar{\mu}_{r_2 r_4 r_5} - \bar{D}_{r_1 r_4} \bar{\mu}_{r_2 r_3 r_5} - \\ & - \bar{D}_{r_1 r_5} \bar{\mu}_{r_2 r_3 r_4} - \bar{D}_{r_2 r_3} \bar{\mu}_{r_1 r_4 r_5} - \bar{D}_{r_2 r_4} \bar{\mu}_{r_1 r_3 r_5} - \bar{D}_{r_2 r_5} \bar{\mu}_{r_1 r_3 r_4} - \bar{D}_{r_3 r_4} \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_5} - \bar{D}_{r_3 r_5} \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_4} - \bar{D}_{r_4 r_5} \bar{\mu}_{r_1 r_2 r_3}, \end{aligned}$$

или в более наглядном виде

$$\begin{aligned} \bar{\chi}_{p k i j l} = & \bar{\mu}_{p k i j l} - \bar{D}_{p k} \bar{\mu}_{i j l} - \bar{D}_{p i} \bar{\mu}_{k j l} - \bar{D}_{p j} \bar{\mu}_{k i l} - \bar{D}_{p l} \bar{\mu}_{k i j} - \bar{D}_{k i} \bar{\mu}_{p j l} - \\ & - \bar{D}_{k j} \bar{\mu}_{p i l} - \bar{D}_{k l} \bar{\mu}_{p i j} - \bar{D}_{i j} \bar{\mu}_{p k l} - \bar{D}_{i l} \bar{\mu}_{p k j} - \bar{D}_{j l} \bar{\mu}_{p k i}, \end{aligned}$$

где мультииндекс  $(i, j, p, k, l)$  получается перестановкой из мультииндекса  $(1, 2, 3, 4, 5)$ , т. е. все индексы  $i, j, p, k, l$  не равны между собой и принимают значения от 1 до 5.

При  $R = 6$ :

в наших обозначениях

$$\begin{aligned} \bar{\chi}_{\bar{r}} = \bar{\chi}_{r_1 \dots r_6} = & \bar{\mu}_{r_1 \dots r_6} - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^6 \bar{D}_{r_i r_j} \bar{\mu}_{r_p r_k r_q r_s} - \bar{D}_{r_p r_k} \bar{D}_{r_q r_s} - \bar{D}_{r_p r_q} \bar{D}_{r_k r_s} - \bar{D}_{r_p r_s} \bar{D}_{r_k r_q} - \\ & - \frac{1}{2} \sum_{i,j,p=1}^6 \bar{\mu}_{r_i r_j r_p} \bar{\mu}_{r_k r_q r_s} - \sum_{i,j=1}^6 \bar{D}_{r_i r_j} \bar{D}_{r_p r_k} \bar{D}_{r_q r_s}. \end{aligned} \quad (52)$$

Из уравнений связи вида (52) при совпадающих индексах (при  $r_1 = r_2 = \dots = r_R = p$ ) получаются уравнения связи апостериорных кумулянтов с апостериорными центральными моментами для одномерного фильтруемого случайного процесса  $Y_p(t)$  [4, 6, 24, 31]:

$$\begin{aligned} \bar{\chi}_1 = \bar{M}; \quad \bar{\chi}_2 = \bar{D}; \quad \bar{\chi}_3 = \bar{\mu}_3; \quad \bar{\chi}_4 = \bar{\mu}_4 - 3\bar{D}^2; \quad \bar{\chi}_5 = \bar{\mu}_5 - 10\bar{D}\bar{\mu}_3; \\ \bar{\chi}_6 = \bar{\mu}_6 - 15\bar{D}\bar{\mu}_4 - 10\bar{\mu}_3^2 + 30\bar{D}^3; \quad \bar{\chi}_7 = \bar{\mu}_7 - 35\bar{\mu}_3\bar{\mu}_4 - 21\bar{D}\bar{\mu}_5 + 210\bar{D}^2\bar{\mu}_3; \\ \bar{\chi}_8 = \bar{\mu}_8 - 28\bar{D}\bar{\mu}_6 + 420\bar{D}^2\bar{\mu}_4 - 56\bar{\mu}_3\bar{\mu}_5 + 560\bar{D}\bar{\mu}_3^2 - 35\bar{\mu}_4^2 - 630\bar{D}^4. \end{aligned} \quad (53)$$

**На пятом этапе методики** осуществлялось усечение и замыкание системы стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса путем приравнивания к нулю апостериорных кумулянтов высших порядков. Порядок отбрасываемого апостериорного кумулянта, а значит, и порядок отбрасываемого апостериорного центрального момента зависит от требуемой точности решения задачи фильтрации. Проведенные исследования показали, что при учете апостериорных центральных моментов (кумулянтов) до четвертого порядка включительно

ошибка фильтрации не превышает 10–12 % при любом виде одномодальной апостериорной ПРВ фильтруемого процесса. При учете апостериорных центральных моментов (кумулянтов) до шестого порядка включительно ошибка фильтрации не превышает 2–5 % при любом виде одномодальной апостериорной ПРВ фильтруемого процесса. Поэтому при построении оптимальных высокоточных фильтров нет необходимости учитывать апостериорные центральные моменты (кумулянты) выше шестого порядка.

**На шестом этапе методики** проводится синтез высокоточных оптимальных нелинейных фильтров. Данная методика включает следующие два подэтапа работ:

первый – выбор критерия оптимальности фильтрации случайного процесса  $Y(t)$ ;

второй – расчет оптимальных оценок фильтруемого процесса через полученные апостериорные центральные моменты выбранного порядка.

При использовании в качестве критерия оптимальности минимума среднего квадрата ошибки фильтрации в качестве оптимальной оценки фильтруемого процесса  $Y(t)$  принимается его апостериорное математическое ожидание, т. е.

$$\bar{Y}_p = \bar{M}_p. \quad (54)$$

Такой критерий оптимальности используется практически всеми авторами по теории фильтрации. Однако, когда апостериорная ПРВ имеет затянутые «хвосты» или является бимодальной, использование критерия (54) является неприемлемым. В этом случае в качестве оптимальной оценки фильтруемого процесса  $Y(t)$  принимается максимум (мода) апостериорной ПРВ.

Получим выражения для определения моды апостериорной ПРВ через апостериорные центральные моменты. Для этого аппроксимируем апостериорную ПРВ  $\bar{\omega}(y, t)$  рядом Эджворта [3, 5, 8, 17, 29–34] с точностью до седьмого члена ряда

$$\bar{\omega}(y, t) = \bar{\omega}_r(y, t) \left[ 1 + B_3 H_3(x) + B_4 H_4(x) + B_5 H_5(x) + B_6 H_6(x) + B_7 H_7(x) + B_8 H_8(x) \right], \quad (55)$$

где  $H_k(x)$ ,  $k = 1, 8$  – полиномы Чебышева – Эрмита вида

$$H_k(x) = (-1)^k \exp(-0,5x^2) \frac{\partial^k}{\partial x^k} \exp(-0,5x^2);$$

$x$  – переменная, имеющая вид  $x = \frac{y - \bar{\chi}_1}{\sqrt{\bar{\chi}_2}}$ ;

$\bar{\chi}_k$  – апостериорный кумулянт  $k$ -го порядка;

$\bar{\omega}_r = \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{\chi}_2}} \exp(-0,5x^2)$  – эквивалентная гауссовая апостериорная ПРВ;

$B_k$  – коэффициенты при полиномах Чебышева – Эрмита, имеющие вид [3]:

$$B_3 = \frac{1}{3!} \frac{\bar{\chi}_3}{\bar{\sigma}^3}; \quad B_4 = \frac{1}{4!} \frac{\bar{\chi}_4}{\bar{\sigma}^4}; \quad B_5 = \frac{1}{5!} \frac{\bar{\chi}_5}{\bar{\sigma}^5}; \quad B_6 = \frac{1}{6!} \frac{\bar{\chi}_3^2}{\bar{\sigma}^6}; \quad B_7 = \frac{35}{7!} \frac{\bar{\chi}_3 \bar{\chi}_4}{\bar{\sigma}^7}; \quad B_8 = \frac{280}{9!} \frac{\bar{\chi}_3^3}{\bar{\sigma}^9}, \quad (56)$$

где  $\bar{\sigma} = \sqrt{\bar{\chi}_2}$  – апостериорное среднее квадратическое отклонение фильтруемого процесса  $Y(t)$ .

Для моды апостериорной ПРВ должно выполняться условие равенства нулю ее частной производной по аргументу  $y$ , т. е.

$$\frac{\partial \bar{\omega}(y, t)}{\partial y} = 0. \quad (57)$$

Подставляя выражение (55) в формулу (57) и беря частную производную, получим развернутое уравнение равенства нулю частной производной апостериорной ПРВ в функции ее апостериорных кумулянтов вида

$$\omega_T(y, t) \left[ 1 + B_3 H_3(x) + \dots + B_k H_k(x) - \frac{y - \bar{\chi}_1}{\bar{\chi}_2} + B_3 \frac{\partial H_3(x)}{\partial y} + \dots + B_k \frac{\partial H_k(x)}{\partial y} \right] = 0, \quad (58)$$

( $k, n = \overline{1, 8}$ ).

Входящие в выражение (58) первые производные полиномов Чебышева – Эрмита  $n$ -го порядка рассчитываются так [29, 30]:

$$\frac{\partial H_n(x)}{\partial y} = \frac{\partial H_n(x)}{\partial x} x = \frac{1}{\sqrt{\bar{\chi}_2}} [x H_n(x) - H_{n+1}(x)]. \quad (59)$$

Подставляя значения производных из (59) в выражение (58), получим условие равенства нулю частной производной апостериорной ПРВ по переменной  $y$ :

$$x + B_3 H_4(x) + B_4 H_5(x) + B_5 H_6(x) + B_6 H_7(x) + B_7 H_8(x) + B_8 H_9(x) = 0. \quad (60)$$

Из выражения (60) следует найти  $x$ , при котором выполняется условие равенства нулю частной производной апостериорной ПРВ по переменной  $y$ . Решая алгебраическое уравнение (60) и учитывая выражения (56) для  $B_k$  и выражение (59) для производных полиномов Чебышева – Эрмита, получим следующую формулу для расчета моды апостериорной ПРВ через апостериорные центральные моменты фильтруемого процесса с точностью до учета апостериорных центральных моментов третьего и четвертого порядков (или, что одно и то же, с точностью до учета асимметрии и эксцесса фильтруемого процесса):

$$\bar{Y}_p = \text{Mod } \bar{\omega}(y, t) = \bar{M}_p + \frac{3\bar{\mu}_{ppp}}{4\bar{D}_{pp}} - \frac{5\bar{\mu}_{ppp}\bar{\mu}_{pppp}}{12\bar{D}_{pp}^3}. \quad (61)$$

При фильтрации одномерного процесса эта формула запишется так:

$$\bar{Y} = \text{Mod } \bar{\omega}(y, t) = \bar{M} + \frac{3\bar{\mu}_3}{4\bar{D}} - \frac{5\bar{\mu}_3\bar{\mu}_4}{12\bar{D}^3}. \quad (62)$$

При фильтрации случайного процесса, не имеющего моды (равномерная ПРВ, односторонняя экспоненциальная ПРВ и т. д.), в качестве оптимальной оценки следует принять медиану случайного процесса, которую можно рассчитать, используя формулу (14).

Если фильтруемый процесс  $Y(t)$  является существенно негауссовым, но симметричным, то для повышения точности фильтрации в ряде Эджворта следует учитывать большее число членов ряда. При этом целесообразно использовать новое разложение апостериорной ПРВ в ряд Эджворта по степени убывания влияния членов ряда на точность фильтрации, предложенное профессором В. В. Млечиным, вида [34]

$$\bar{\omega}(x) = \omega_T(x) \left\{ 1 + \left[ \frac{1}{3!} \frac{\hat{\mu}_3}{\bar{\sigma}^3} H_3(x) \right] + \left[ \frac{1}{4!} \left( \frac{\hat{\mu}_4}{\bar{\sigma}^4} - 3 \right) H_4(x) + \frac{10}{6!} \left( \frac{\hat{\mu}_3}{\bar{\sigma}^3} \right)^2 H_6(x) \right] + \right. \\ \left. + \left[ \frac{1}{5!} \left( \frac{\hat{\mu}_5}{\bar{\sigma}^5} - 10 \frac{\hat{\mu}_3}{\bar{\sigma}^3} \right) H_5(x) + \frac{35}{7!} \frac{\hat{\mu}_3}{\bar{\sigma}^3} \left( \frac{\hat{\mu}_4}{\bar{\sigma}^4} - 3 \right) H_7(x) + \frac{280}{9!} \left( \frac{\hat{\mu}_3}{\bar{\sigma}^3} \right)^3 H_9(x) \right] + \right.$$

$$\begin{aligned}
& + \left[ \frac{1}{6!} \left( \frac{\hat{\mu}_6}{\hat{\sigma}^6} - 15 \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\sigma}^4} - 10 \left( \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} \right)^2 + 30 \right) H_6(x) + \frac{56}{8!} \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} \left( \frac{\hat{\mu}_5}{\hat{\sigma}^5} - 10 \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} \right) H_8(x) + \frac{35}{8!} \left( \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\sigma}^4} - 3 \right)^2 H_8(x) + \right. \\
& \left. + \frac{2100}{10!} \left( \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} \right)^2 \left( \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\sigma}^4} - 3 \right) H_{10}(x) + \frac{15400}{12!} \left( \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} \right)^4 H_{12}(x) \right] + \dots \quad (63)
\end{aligned}$$

Ограничиваясь членами ряда (63) до апостериорного центрального момента пятого или шестого порядков и используя вышеизложенную методику, можно получить более точное выражение для расчета моды или медианы апостериорной ПРВ по сравнению с формулами (61) и (62).

Кроме того, если апостериорная ПРВ равна нулю при отрицательных значениях аргумента (например, пуассоновская или релеевская ПРВ), то ряд Эджворта вида (55) или (63) сходится медленно [23, 34]. В этом случае целесообразно использовать аппроксимацию апостериорной ПРВ с помощью ряда Лагерра [23]. Далее, используя изложенную выше методику, можно получить выражения для расчета моды или медианы апостериорной ПРВ с точностью до учета апостериорных центральных моментов требуемого порядка (например, четвертого, пятого или шестого).

Затем на основании данных алгоритмов можно построить структурные схемы соответствующих высокоточных оптимальных фильтров.

На рисунке 2 приведена обобщенная структурная схема высокоточного оптимального фильтра с учетом до 4-го апостериорного центрального момента включительно для двух критериев оптимальности вида (54) и (61).

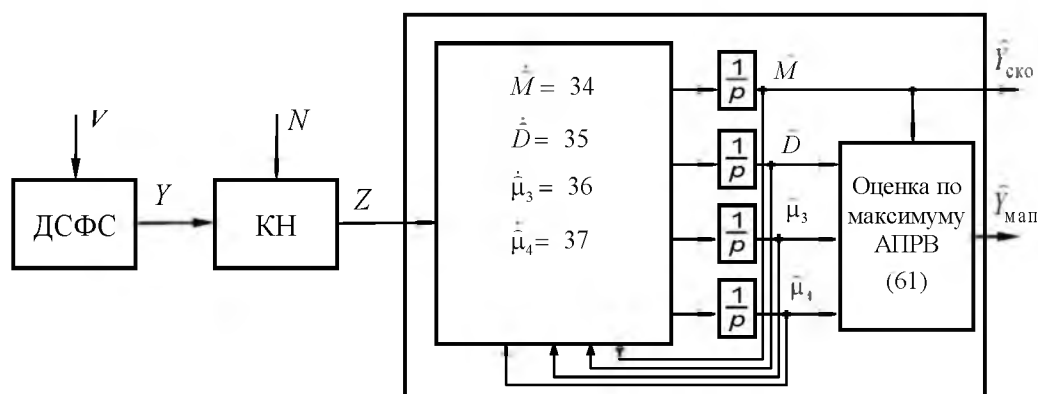


Рисунок 2 – Структурная схема высокоточного оптимального нелинейного фильтра

На рисунке 2 цифрами в круглых скобках указаны номера формул, по которым рассчитываются соответствующие апостериорные вероятностные моменты.

**На седьмом этапе методики** необходимо задать известные и рассчитать недостающие начальные условия для интегрируемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса.

На практике инженеру-исследователю известны начальные условия лишь для части апостериорных центральных моментов. Чтобы найти начальные условия для остальных апостериорных центральных моментов, можно воспользоваться следующей методикой, которая показала свою практическую эффективность. Данная методика состоит из четырех подэтапов.

**Первый подэтап** – перенумеруем апостериорные центральные моменты посредством замены переменных

$$x_1 = \dot{M}_1; x_2 = \dot{M}_2, \dots, x_{N_Y} = \dot{M}_{N_Y}; x_{N_Y+1} = \dot{D}_{1.1}, \dots, x_m = \dot{D}_{N_Y N_Y}; x_{m+1} = \dot{\mu}_{1.1.1}, \dots, x_k = \dot{\mu}_{r_1 \dots r_R}, \quad (64)$$

где  $m = \frac{1}{2} N_Y (N_Y + 3)$  – число апостериорных математических ожиданий и взаимных корреляционных моментов фильтруемого процесса;

$k = C_{N_Y + R}^N - 1$  – общее число учитываемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса (оцениваемой ДСФС);

$R$  – порядок учитываемых апостериорных центральных моментов.

*Второй* – после нумерации запишем полученную ранее замкнутую систему стохастических дифференциальных уравнений для учитываемых апостериорных центральных моментов с учетом проведенной нумерации (64) в виде

$$x_j = F_j(x), \quad j = \overline{1, k}, \quad (65)$$

где  $F_j(x)$  – в общем случае нелинейная функция, представляющая правую часть стохастического дифференциального уравнения для  $j$ -го апостериорного центрального момента.

*Третий* – определим недостающие начальные условия как координаты неподвижной точки (на начальный момент времени интегрирования  $t_0$ ) системы стохастических дифференциальных уравнений вида (64). Правомерность такого выбора обусловлена расположением неподвижной точки в области устойчивости решения указанной системы стохастических дифференциальных уравнений. Координаты неподвижной точки удовлетворяют системе нелинейных алгебраических уравнений

$$F_j(x) = 0, \quad j = \overline{1, k - n}, \quad (66)$$

где  $n$  – число известных начальных условий для апостериорных центральных моментов фильтруемого векторного процесса.

*Четвертый подэтап* – решение данной системы нелинейных алгебраических уравнений вида (66) осуществляется наиболее эффективно итерационным методом Ньютона – Рафсона [19, 20] с учетом заданной допустимой погрешности. Результатом решения являются искомые недостающие начальные условия для учитываемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса.

Приведенная методика обеспечивает быструю сходимость решений стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов и малый этап приработки высокоточных фильтров (менее 2–5 % от общего времени счета на ПЭВМ).

**На восьмом этапе методики** после задания начальных условий для интегрируемых апостериорных центральных моментов осуществляется выполнение следующих четырех подэтапов работ.

*Первый подэтап* – численное интегрирование на ПЭВМ системы стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов выбранного порядка.

*Второй* – контроль точности расчета на ПЭВМ учитываемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса.

*Третий* – проверка фильтруемого процесса на гауссовость и уточнение итерационным образом порядка рассчитываемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса (адаптация алгоритмов работы (структуры) оптимального фильтра).

*Четвертый подэтап* – получение оптимальных оценок фильтруемого процесса.

Численное интегрирование стохастических дифференциальных уравнений имеет некоторые особенности по сравнению с интегрированием обыкновенных дифференциальных уравнений [37]. Дело в том, что все численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, кроме простейшего метода Эйлера, основаны на вычислении приращений искомых функций на каждом шаге интегрирования путем применения интегральной теоремы о среднем значении [19, 20, 35, 36]. В соответствии с этим правые

части уравнений берутся в средних точках интервалов интегрирования. Различные методы численного интегрирования отличаются друг от друга по существу только способом приближенного нахождения средних значений правых частей уравнений. При выводе уравнений для апостериорных центральных моментов было использовано уравнение для апостериорной ПРВ фильтруемого процесса вида (16), записанное в форме Стратоновича (а не Ито). Численное интегрирование стохастических дифференциальных уравнений, записанных в симметризованной форме Стратоновича, можно проводить любым из методов численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений [19, 20, 35, 36].

Проведенный сравнительный анализ и практическая апробация различных методов интегрирования сложных нелинейных дифференциальных уравнений показали, что можно использовать следующие четыре метода:

- 1) метод Рунге – Кутты – Фельдберга четвертого порядка;
- 2) метод Адамса четвертого порядка;
- 3) методы «прогноза и коррекции» второго порядка, в частности метод Милна с модификацией Хемминга или экстраполяционный метод Грэга – Булирша – Штера;
- 4) комбинированный метод, основанный на формулах дифференцирования назад.

Начальный шаг интегрирования уравнений для апостериорных центральных моментов задается инженером-исследователем в 5–6 раз меньшим, чем самая малая величина постоянной времени типовых автоматических звеньев, входящих в математическую модель наблюдаемой стохастической динамической системы (фильтруемого процесса).

Контроль и обеспечение высокой точности интегрирования на ЭВМ уравнений для учитываемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса осуществляется автоматически (путем автоматического уточнения ЭВМ шага интегрирования) при использовании третьего и четвертого методов интегрирования стохастических дифференциальных уравнений [35, 36].

Проверка фильтруемого процесса на гауссовость и уточнение итерационным образом порядка рассчитываемых апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса (адаптация алгоритмов работы (структуры) оптимального фильтра) осуществляется по следующей методике.

*Первое* – при первой итерации на интервале времени от  $t_0$  до  $t_0 + \Delta t_k$  (где  $\Delta t_k$  – интервал контроля, равный 10–20 шагов интегрирования) интегрируются стохастические дифференциальные уравнения для апостериорных центральных моментов до четвертого порядка включительно. Затем по полученным значениям апостериорных центральных моментов третьего и четвертого порядков на каждом шаге интегрирования рассчитываются коэффициенты асимметрии  $\bar{\gamma}_{1p}$  и эксцесса  $\bar{\gamma}_{2p}$ , а также их модули для всех фазовых координат ( $p = \bar{1}, \bar{N}_Y$ ) фильтруемого многомерного процесса по формулам

$$\bar{\gamma}_{1p} = \left| \frac{\hat{\mu}_{3p}}{\hat{\sigma}_p^3} \right|; \quad (67) \quad \bar{\gamma}_{2p} = \left| \frac{\hat{\mu}_{4p}}{\hat{\sigma}_p^4} - 3 \right|, \quad (68)$$

где  $\hat{\mu}_{3p}$ ,  $\hat{\mu}_{4p}$  – апостериорные центральные моменты  $p$ -й фазовой координаты третьего и четвертого порядков соответственно;

$\hat{\sigma}_p$  – апостериорное среднеквадратическое отклонение  $p$ -й фазовой координаты многомерного фильтруемого процесса.

Из теории вероятностей известно [29–33], что если модуль величины асимметрии не превышает 0,25 и модуль величины эксцесса не превышает 0,5, то с вероятностью 0,95 такой фильтруемый процесс является гауссовым (нормальным). Если все  $p$ -е фазовые координаты имеют нормальную ПРВ, то такой фильтруемый многомерный случайный процесс является гауссовым. В этом случае также нет необходимости учитывать при фильтрации апостериорные центральные моменты выше второго порядка.

Если по результатам первой итерации модули величин асимметрии и (или) эксцесса для всех или части фазовых координат превысили указанные выше пороговые значения 0,25 и 0,5 соответственно, то фильтруемый процесс является негауссовым и при его фильтрации необходимо учитывать апостериорные высшие центральные моменты как минимум до четвертого порядка. Затем переходим ко второй итерации.

*Второе* – при второй итерации снова возвращаемся к начальному моменту времени начала интегрирования  $t_0$  и повторно интегрируем на интервале контроля  $t_0 + \Delta t_k$  стохастические дифференциальные уравнения для апостериорных центральных моментов, но уже до пятого порядка. По результатам интегрирования на каждом шаге снова рассчитываем модули величин асимметрии и эксцесса по формулам (67) и (68). Если относительный прирост величин модулей коэффициентов асимметрии и эксцесса для всех фазовых координат не превысил 5–10 % по сравнению со второй итерацией, то нет необходимости в дополнительном учете уравнений для апостериорных центральных моментов шестого порядка. В противном случае переходим к третьей итерации и снова интегрируем на ЭВМ стохастические дифференциальные уравнения для апостериорных центральных моментов, но уже до шестого порядка включительно.

Опыт решения восьми контрольных задач по фильтрации многомерных негауссовых случайных процессов с различными ПРВ показал, что при допустимой погрешности в 5 % нет необходимости учитывать апостериорные центральные моменты выше шестого порядка [38, 39].

*Третье* – для дополнительной страховки по результатам интегрирования стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов на каждом шаге интегрирования осуществляется расчет относительного изменения модулей апостериорных математических ожиданий и апостериорных дисперсий всех фазовых координат фильтруемого процесса по результатам вычислений при первой, второй или третьей итерациях по формулам:

$$\left| \Delta \bar{M}_p \right| = \left| \frac{\bar{M}_{p(2)} - \bar{M}_{p(1)}}{\bar{M}_{p(2)}} \right| \cdot 100\%; \quad \left| \Delta \bar{D}_p \right| = \left| \frac{\bar{D}_{p(2)} - \bar{D}_{p(1)}}{\bar{D}_{p(2)}} \right| \cdot 100\%, \quad (69)$$

где цифра в круглых скобках (2) или (1) означает, при какой итерации (второй или первой) берутся значения апостериорных математических ожиданий или апостериорных дисперсий в каждый момент времени.

Если модули приращений апостериорных математических ожиданий  $\left| \Delta \bar{M}_p \right|$  и дисперсий  $\left| \Delta \bar{D}_p \right|$  для всех фазовых координат не превышают заданной малой величины  $\varepsilon$  (например,  $\varepsilon \leq 5\%$ ), то значит, задача оптимальной нелинейной фильтрации решена правильно с погрешностью не более 5 % при учете апостериорных центральных моментов до шестого порядка включительно. Если модули приращений апостериорных математических ожиданий и дисперсий для всех или части фазовых координат превышают заданную погрешность  $\varepsilon \leq 5\%$ , то значит, задача оптимальной нелинейной фильтрации решена неправильно и необходимо искать ошибки в уравнениях для апостериорных центральных моментов пятого и шестого порядков или в формулах для раскрытия усреднений от многоаргументных нелинейностей вида (45) – (48).

Уточнение порядка рассчитываемых на ПЭВМ апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса по изложенной выше методике рекомендуется проводить в начале, середине и в конце процесса интегрирования этих уравнений на ПЭВМ.

Получение оптимальных оценок фильтруемого процесса осуществляется в реальном масштабе времени по формулам (54) или (61) в процессе интегрирования на ПЭВМ (или на встроенном в ВВТ микропроцессоре) стохастических дифференциальных уравнений для апостериорных центральных моментов требуемого порядка.



### 3. Оценка эффективности разработанной методики высокоточной нелинейной фильтрации случайных процессов

Для проверки работоспособности и эффективности разработанной методики высокоточной нелинейной фильтрации случайных процессов было решено восемь задач по фильтрации одномерных и многомерных негауссовых случайных процессов с различными ПРВ. В качестве примера рассмотрим решение двух задач фильтрации: оценивание негауссового случайного процесса  $Y(t)$  с симметричной и несимметричной экспоненциальной ПРВ калмановским и синтезированными высокоточными фильтрами.

Структурная схема модельного эксперимента представлена на рисунке 3.

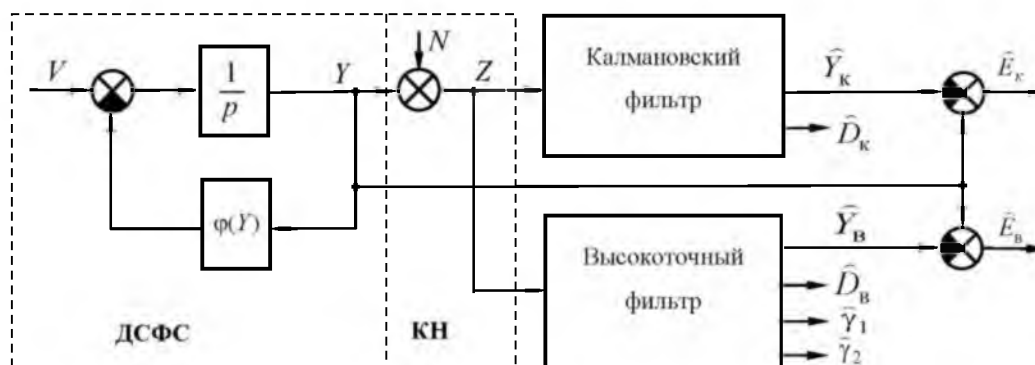


Рисунок 3 – Структурная схема модельного эксперимента при фильтрации негауссового случайного процесса  $Y(t)$

Для получения случайного процесса  $Y(t)$  с негауссовой ПРВ в обратную цепь интегратора включена нелинейность  $\varphi(Y)$ . Задаваясь требуемым видом ПРВ случайного процесса  $Y(t)$ , можно по методике, приведенной в [24], определить вид нелинейности  $\varphi(Y)$ .

Для получения негауссового случайного процесса  $Y(t)$  с симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ вида (70), представленной на рисунке 4, нелинейность  $\varphi(Y)$  будет описываться выражением (71) и имеет вид, представленный на рисунке 5.

$$\omega(y) = \frac{a}{G} \exp\left(-\frac{2a}{G}|y|\right); \quad (70)$$

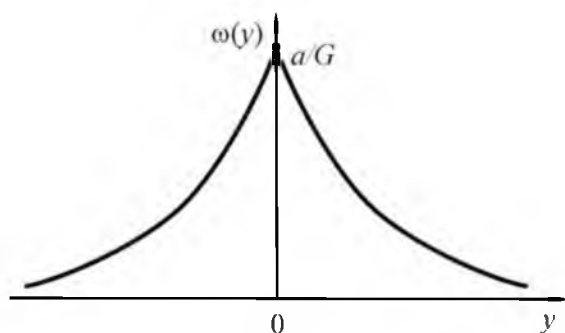


Рисунок 4 – Вид симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ негауссового фильтруемого процесса  $Y(t)$

$$\varphi(y) = \begin{cases} a & \text{при } y > 0; \\ 0 & \text{при } y = 0; \\ -a & \text{при } y < 0. \end{cases} \quad (71)$$

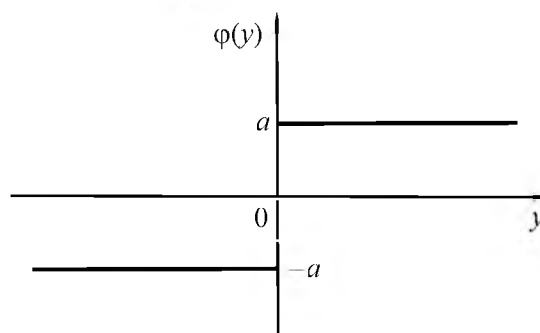


Рисунок 5 – Вид нелинейности, обеспечивающей формирование негауссового случайного процесса с симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ

Для негауссового случайного процесса с симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ известны все его числовые характеристики [24, 31]:

$$M_y = 0; D_y = \frac{G^2}{2a^2}; \mu_{3y} = 0; \gamma_{1y} = 0; \mu_{4y} = \frac{1,5G^4}{a^4} = 6D_y^2;$$

$$\gamma_{2y} = 3; \mu_{5y} = 0; \mu_{6y} = \frac{45G^6}{2a^6} = 180D_y^3. \quad (72)$$

Для получения случайного процесса  $Y(t)$  с несимметричной (односторонней) экспоненциальной ПРВ вида (73), представленной на рисунке 6, нелинейность  $\varphi(Y)$  в обратной цепи интегратора будет описываться выражением (74) и имеет вид, представленный на рисунке 7.

$$\omega(y) = \begin{cases} \frac{2a}{G} \exp\left(-\frac{2a}{G}y\right) & \text{при } y \geq 0; \\ 0 & \text{при } y < 0. \end{cases} \quad (73)$$

$$\varphi(y) = \begin{cases} -a & \text{при } y < 0; \\ 0 & \text{при } y = 0; \\ a_1 & \text{при } y > 0. \end{cases} \quad (74)$$

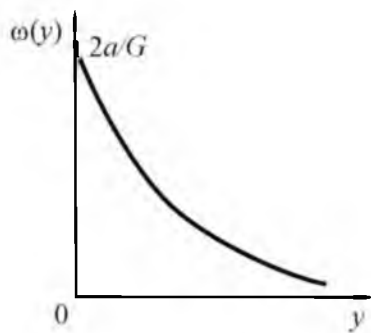


Рисунок 6 – Вид несимметричной (односторонней) экспоненциальной ПРВ негауссового фильтруемого процесса  $Y(t)$

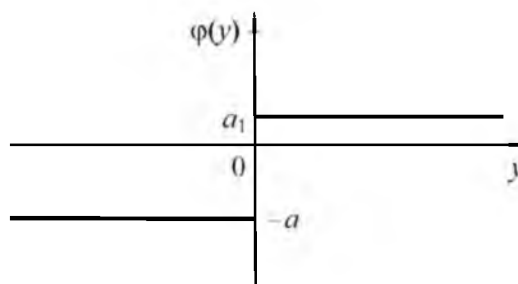


Рисунок 7 – Вид нелинейности, обеспечивающей формирование негауссового случайного процесса с несимметричной (односторонней) экспоненциальной ПРВ

Для случайного негауссового процесса с несимметричной (односторонней) экспоненциальной ПРВ также известны все его числовые характеристики [31]:

$$M_y = \frac{G}{2a}; D_y = \frac{G^2}{4a^2}; \mu_{3y} = \frac{G^3}{4a^3} = 2\sigma_y^3; \gamma_{1y} = 2; \mu_{4y} = \frac{9G^4}{16a^4} = 9D_y^2;$$

$$\gamma_{2y} = 6; \mu_{5y} = \frac{11G^5}{8a^5} = 44\sigma_y^5; \mu_{6y} = \frac{15G^6}{8a^6} = 120D_y^3. \quad (75)$$

На основании рисунка 3 математическая модель обоих фильтруемых одномерных негауссовых случайных процессов  $Y(t)$  описывается нелинейным стохастическим дифференциальным уравнением вида

$$\dot{Y} = -\varphi(Y) + V, \quad (76)$$

Математическая модель безынерционного линейного канала наблюдения задавалась следующим уравнением:

$$Z = Y + N, \quad (77)$$

где  $N$  – гауссовый квазибелый шум в канале наблюдения.

Шум  $N(t)$  в канале наблюдения моделировался как квазибелый гауссовый случайный процесс на выходе широкополосного аperiodического звена. Время корреляции квазибелого

шума задавалось равным 0,02–0,04 от времени корреляции фильтруемого негауссового случайного процесса  $Y(t)$ .

Из выражения (77) видно, что наблюдаемый случайный процесс  $Z(t)$  представляет собой аддитивную смесь независимых случайных процессов  $Y(t)$  и  $N(t)$ . Из теории случайных процессов известно [29–31], что ПРВ такого случайного процесса  $Z(t)$  представляет собой свертку ПРВ процессов  $Y(t)$  и  $N(t)$ , т. е.

$$\omega(Z) = \omega(Y) * \omega(N) = \int_{-\infty}^{\infty} \omega(Y) \omega(Z - Y) dy = \int_{-\infty}^{\infty} \omega(N) \omega(Z - N) dn. \quad (78)$$

Интеграл свертки вида (78) для различных видов ПРВ фильтруемого процесса  $Y(t)$  может быть рассчитан теоретически. Для рассматриваемого примера при композиции случайного процесса  $Y(t)$  с экспоненциальной ПРВ вида (72) и белого шума  $N(t)$  в канале наблюдения с гауссовой ПРВ интеграл свертки или, что одно и то же, выражение для ПРВ наблюдаемого случайного процесса  $Z(t)$  будет иметь вид

$$\hat{\omega}(z) = v \exp[-vz + 0,5v^2\sigma_n^2] \left[ \Phi\left(\frac{z - v\sigma_n}{\sigma_n}\right) + \Phi(v) \right], \quad (79)$$

где  $v = \frac{2a}{G}$  – максимальное значение ПРВ  $\omega(y)$  при  $y$ , равном нулю;

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-0.5t^2} dt \quad \text{– табулированный интеграл вероятности [29].}$$

Теоретически могут быть рассчитаны и вероятностные числовые характеристики наблюдаемого процесса  $Z(t)$  через числовые характеристики некоррелированных случайных процессов  $Y(t)$  и  $N(t)$  по следующим формулам:

$$\begin{aligned} M_z &= M_y + M_n; \quad D_z = D_y + D_n; \quad \mu_{3z} = \mu_{3y} + \mu_{3n}; \quad \mu_{4z} = \mu_{4y} + \mu_{4n} + 6D_y D_n; \\ \mu_{5z} &= \mu_{5y} + 10D_n \mu_{3y}; \quad \mu_{6z} = \mu_{6y} + 15D_n \mu_{4n} + 10\mu_{3y}^2 + 45D_y D_n^2 + 15D_n^3; \\ \gamma_{1z} &= \frac{\gamma_{1n} \sigma_n^3 + \gamma_{1y} \sigma_y^3}{(\sigma_n + \sigma_y)^3}; \quad \gamma_{2z} = \frac{\gamma_{2n} \sigma_n^3 + \gamma_{2y} \sigma_y^3}{(D_n + D_y)^2}. \end{aligned} \quad (80)$$

Также может быть рассчитана и корреляционная функция наблюдаемого случайного процесса  $Z(t)$  как сумма корреляционных функций случайных процессов  $Y(t)$  и  $N(t)$ :

$$K_z(\tau) = K_y(\tau) + K_n(\tau). \quad (81)$$

Для проверки правильности формул (72) – (81), а также оценки работоспособности и точности разработанных алгоритмов высокоточной фильтрации было проведено имитационное математическое моделирование по корректности формирования случайных процессов  $Y(t)$ ,  $N(t)$  и  $Z(t)$  для различных соотношений интенсивностей шумов в фильтруемом процессе и канале наблюдения ( $Q/G = 0,01–100$ ) [38, 39].

Анализ полученных результатов показал:

моделирование случайных процессов  $Y(t)$ ,  $N(t)$  и  $Z(t)$  осуществляется правильно.

Их числовые характеристики и корреляционная функция с погрешностью не более 2 % совпадают с теоретическими;

ПРВ и корреляционная функция наблюдаемого случайного процесса  $Z(t)$  приближается к ПРВ и корреляционной функции того процесса ( $Y(t)$ ) или  $N(t)$ ), дисперсия которого гораздо больше;

полученные по результатам имитационного моделирования коэффициенты асимметрии и эксцесса совпадают с теоретическими.

Теперь перейдем к составлению алгоритмов работы калмановского и высокоточных фильтров.

Уравнения нелинейного калмановского фильтра имеют вид [3]

$$\begin{aligned}\dot{\hat{M}} &= -\langle \varphi(Y) \rangle + \frac{\bar{D}}{Q}(Z - \bar{M}), \quad \hat{M}(0) = 0; \\ \dot{\hat{D}} &= -2\langle \varphi(Y)\dot{Y} \rangle + G - \frac{\bar{D}^2}{Q}, \quad \hat{D}(0) = D.\end{aligned}\quad (82)$$

По разработанной выше методике синтезированы высокоточные фильтры с учетом до апостериорных центральных моментов четвертого, а затем шестого порядков.

Алгоритм работы высокоточного фильтра четвертого порядка описывается следующими стохастическими интегродифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned}\dot{\hat{M}} &= -\langle \varphi(Y) \rangle + \frac{1}{2Q} [2(Z - \bar{M})\bar{D} - \hat{\mu}_3], \quad \hat{M}(0) = 0; \\ \dot{\hat{D}} &= -2\langle \varphi(Y)\dot{Y} \rangle + G + \frac{1}{2Q} [2(Z - \bar{M})\hat{\mu}_3 - \hat{\mu}_4 + \bar{D}^2], \quad \hat{D}(0) = D; \\ \dot{\hat{\mu}}_3 &= -3\langle \varphi(Y)(\dot{Y}^2 - \bar{D}) \rangle + 3G\bar{M} + \frac{1}{2Q} [2(Z - \bar{M})(\hat{\mu}_4 - 3\bar{D}^2) - \hat{\mu}_5 + 4\hat{\mu}_3\bar{D}], \quad \hat{\mu}_3(0) = 0; \\ \dot{\hat{\mu}}_4 &= -4\langle \varphi(Y)(\dot{Y}^3 - \hat{\mu}_3) \rangle + 6G\bar{D} + \frac{1}{2Q} [2(Z - \bar{M})(\hat{\mu}_5 - 4\bar{D}\hat{\mu}_3) - \hat{\mu}_6 + \bar{D}\hat{\mu}_4 + 4\hat{\mu}_3^2], \\ &\hat{\mu}_4(0) = 3\bar{D}^2.\end{aligned}\quad (83)$$

Раскрытие усреднений от нелинейных функций, входящих в уравнения (82) и (83), осуществлялось с использованием метода статистической аппроксимации нелинейностей, изложенного выше.

Так как фильтруемый негауссовый процесс  $Y(t)$  доступен регистрации на ПЭВМ, то это позволяет на каждом шаге моделирования оценить истинные (отличные от теоретических не более чем на 2 %) ошибки фильтрации калмановского  $E_K$  и высокоточных  $E_B$  фильтров по формулам

$$E_K = Y - \hat{Y}_K; \quad E_B = Y - \hat{Y}_B, \quad (84)$$

где  $Y$  – истинное значение фильтруемого негауссового процесса в функции времени, регистрируемое на ПЭВМ;

$\hat{Y}_K$ ,  $\hat{Y}_B$  – оценки фильтруемого негауссового случайного процесса, получаемые на выходе калмановского и высокоточного фильтров.

Однако так как ошибки фильтрации обоих фильтров являются случайными величинами (процессами), то по результатам моделирования достаточно длинной реализации (100 тысяч шагов) рассчитывались следующие показатели.

*Первое* – истинные числовые характеристики этих ошибок по результатам имитационного моделирования на ПЭВМ:

истинные математические ожидания ошибок фильтрации для калмановского ( $M_{ек}$ ) и высокоточного ( $M_{ев}$ ) фильтров

$$M_{ек} = \langle (Y - \bar{Y}_к) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_{к_i}; \quad (85)$$

$$M_{ев} = \langle (Y - \bar{Y}_в) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_{в_i}; \quad (86)$$

истинные дисперсии ошибок фильтрации для калмановского ( $D_{ек}$ ) и высокоточного ( $D_{ев}$ ) фильтров

$$D_{ек} = \langle (Y - \bar{Y}_к - M_{ек})^2 \rangle = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (E_{к_i} - M_{ек})^2; \quad (87)$$

$$D_{ев} = \langle (Y - \bar{Y}_в - M_{ев})^2 \rangle = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (E_{в_i} - M_{ев})^2. \quad (88)$$

*Второе* – относительные величины смещения оценок фильтруемых негауссовых случайных процессов на выходе калмановского ( $M_{ек}$ ) и высокоточного ( $M_{ев}$ ) фильтров

$$\delta M_{ек} = \left| \frac{M_{ек} - M_y}{M_y} \right| \cdot 100\%; \quad (89)$$

$$\delta M_{ев} = \left| \frac{M_{ев} - M_y}{M_y} \right| \cdot 100\%, \quad (90)$$

где  $M_y$  – усредненное по времени значение стационарного оцениваемого случайного процесса (априорное математическое ожидание фильтруемого процесса).

*Третье* – относительные погрешности оценки точности фильтрации негауссовых случайных процессов на выходе калмановского ( $D_{ек}$ ) и высокоточного ( $D_{ев}$ ) фильтров

$$\delta D_{к} = \left| \frac{D_{к} - D_{ек}}{D_{ек}} \right| \cdot 100\%; \quad (91) \quad \delta D_{в} = \left| \frac{D_{в} - D_{ев}}{D_{ев}} \right| \cdot 100\%. \quad (92)$$

*Четвертое* – значения апостериорных коэффициентов асимметрии  $\bar{\gamma}_1$  и эксцесса  $\bar{\gamma}_2$  негауссового фильтруемого процесса на выходе высокоточных фильтров четвертого и шестого порядков по формулам (67) и (68) соответственно.

Указанные ошибки фильтрации, их числовые характеристики, относительные величины смещений и погрешностей оценок точности фильтрации, а также значения апостериорных коэффициентов асимметрии и эксцесса фильтруемого процесса определялись при моделировании для отношений интенсивностей шумов в канале наблюдения ( $Q$ ) и в фильтруемом процессе ( $G$ ), равных от 0,01 до 100.

Результаты проведенных исследований при фильтрации негауссового случайного процесса  $Y(t)$  с симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ представлены на рисунках 8 и 9.

На рисунке 8 показаны зависимости значений истинных (рассчитанных по результатам имитационного моделирования) и апостериорных (полученных на выходе высокоточных фильтров) коэффициентов асимметрии  $\bar{\gamma}_1$  и эксцесса  $\bar{\gamma}_2$  фильтруемого негауссового случайного процесса  $Y(t)$  с симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ для указанных выше отношений интенсивностей шумов в канале наблюдения и в фильтруемом процессе (наблюдаемой системе). Из рисунка 8 видно, что фильтруемый

процесс имеет симметричную ПРВ ( $\gamma_1 = 0$ ), но является существенно негауссовым с «острой» ПРВ, так как  $\gamma_2$  достигает величины 3 при больших шумах в канале наблюдения.

Таким образом, высокоточные фильтры позволяют в процессе своей работы оценивать, является ли фильтруемый процесс гауссовым или нет, и в зависимости от этого адаптивно изменять алгоритмы своей работы (алгоритмы фильтрации), о чем было сказано выше. Более того, если для всех типовых апостериорных ПРВ, встречающихся в ВВТ и других сложных технических системах, заранее рассчитать коэффициенты асимметрии и эксцесса и занести их в базу данных, то по их значениям на выходе высокоточных фильтров можно довольно точно определить, какой вид имеет апостериорная ПРВ. Это обусловлено тем, что для различных апостериорных ПРВ существуют определенные математические соотношения между ее кумулянтами, а значит, и между значениями апостериорных коэффициентов асимметрии и эксцесса [16].

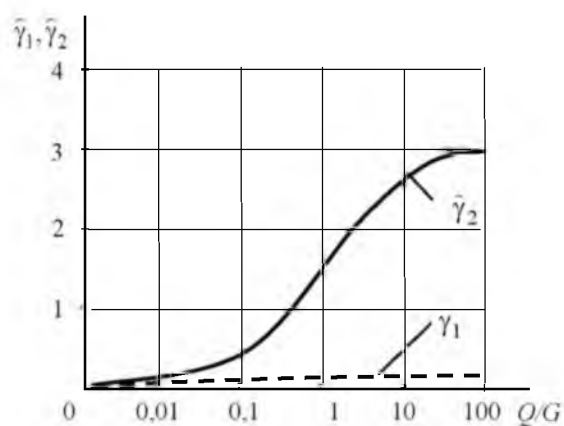


Рисунок 8 – Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса на выходе калмановского и высокоточных фильтров в функции отношения  $Q/G$

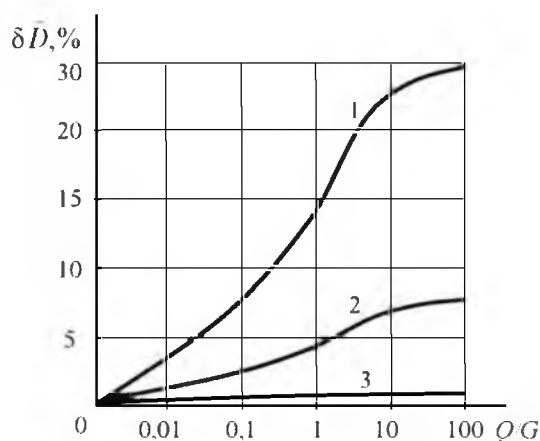


Рисунок 9 – Относительные погрешности оценки точности фильтрации калмановским и высокоточным фильтрами в функции отношения  $Q/G$

Анализ полученных результатов показал, что оценки фильтруемого негауссового случайного процесса с симметричной (двухсторонней) экспоненциальной ПРВ на выходе калмановского и высокоточных фильтров четвертого и шестого порядков являются несмещенными (так как  $M_{ек} = M_{ев} = 0$ , поэтому этот рисунок не приведен) для любых отношений интенсивностей шумов в канале наблюдения и в фильтруемом процессе, равных от 0,01 до 100. Однако ПРВ ошибок фильтрации являются гауссовыми только при малых интенсивностях шумов в канале наблюдения ( $Q \ll G$ ). При больших интенсивностях шумов в канале наблюдения ошибка фильтрации имеет ПРВ, близкую к ПРВ фильтруемого процесса. Это объясняется тем, что при больших интенсивностях шумов в алгоритмах работы фильтров (80) и (81) члены, содержащие измерения случайного процесса, учитываются с очень малым весом, обратно пропорциональным  $2Q$ . То есть фильтры как бы не чувствуют текущей реализации фильтруемого процесса, а формируют его оценку в большей степени по априорной информации о нем, заложенной в алгоритмах фильтра

(члены, находящиеся в алгоритмах (80) и (81) левее,  $\frac{\bar{D}^2}{Q}$  и  $\frac{1}{2Q}$  соответственно).

По существу, решается задача статистического анализа наблюдаемой системы (фильтруемого процесса) методом аналитического моделирования [24] (методом интегрирования уравнений для центральных вероятностных моментов [2, 3]). С уменьшением интенсивности шумов  $Q$  в канале наблюдения вес измерений в формировании оптимальной оценки фильтруемого процесса резко возрастает, оценка уточняется, ПРВ ошибки фильтрации приближается к гауссовой, а ее дисперсия уменьшается.

На рисунке 9 приведены зависимости относительных погрешностей оценки точности фильтрации негауссового случайного процесса с симметричной экспоненциальной ПРВ на выходе калмановского (кривая 1), высокоточного четвертого порядка (кривая 2) и высокоточного шестого порядка (кривая 3) фильтров для отношений  $Q/G$ , равных от 0,01 до 100. Из рисунка 9 видно, что относительная погрешность оценки точности фильтрации возрастает с ростом шумов в канале наблюдения (ростом отношения  $Q/G$ ) и может достигать 30 % – для фильтра Калмана, 8 % – для высокоточного фильтра четвертого порядка и 1–2 % – для высокоточного фильтра шестого порядка.

Аналогичные исследования проведены и при фильтрации негауссового случайного процесса с несимметричной (односторонней) экспоненциальной ПРВ, представленной на рисунке 6. Результаты фильтрации данного процесса представлены на рисунках 10–12.

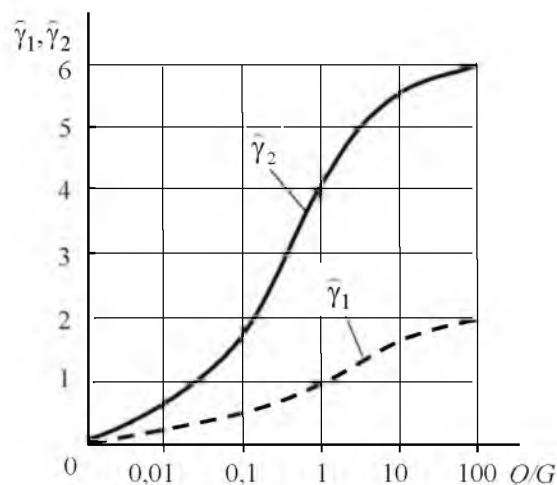


Рисунок 10 – Значения апостериорных коэффициентов асимметрии  $\hat{\gamma}_1$  и эксцесса  $\hat{\gamma}_2$  негауссового фильтруемого процесса на выходе высокоточных фильтров в функции отношения интенсивностей шумов  $Q/G$

Из рисунка 10 видно, что фильтруемый процесс также является существенно негауссовым и имеет несимметричную «заостренную» ПРВ. Значения апостериорных коэффициентов асимметрии  $\hat{\gamma}_1$  и эксцесса  $\hat{\gamma}_2$  на выходе высокоточных фильтров достигают величин 2 и 6 соответственно при больших интенсивностях шумов в канале наблюдения ( $Q/G = 100$ ), что соответствует теории и результатам имитационного моделирования на ПЭВМ [29–33, 38, 39].

Оценка негауссового случайного процесса с несимметричной апостериорной ПРВ на выходе калмановского фильтра и высокоточного фильтра четвертого порядка получается смещенной (см. рисунок 11).

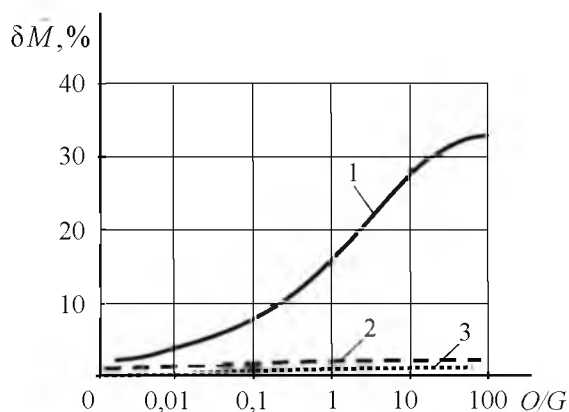


Рисунок 11 – Относительные величины смещения оценки фильтруемого негауссового случайного процесса калмановским и высокоточными фильтрами

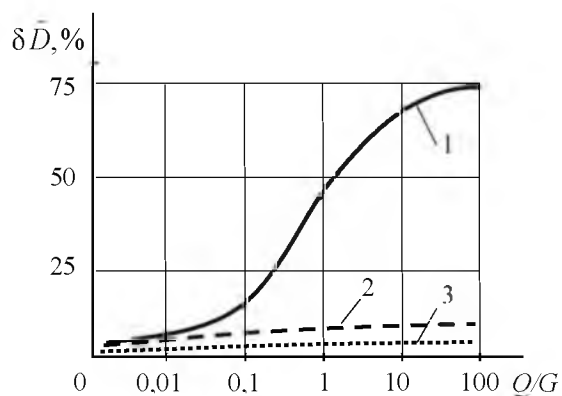


Рисунок 12 – Относительная погрешность в оценке точности фильтрации негауссового случайного процесса калмановским и высокоточными фильтрами

Величина смещения возрастает с ростом интенсивности шумов в канале наблюдения (с увеличением негауссовости ошибки фильтрации) и при больших интенсивностях шумов в канале наблюдения ( $Q/G = 10 \dots 100$ ) может достигать 33 % – на выходе калмановского фильтра (кривая 1) и 3–5 % – на выходе высокоточного фильтра четвертого порядка (штриховая линия 2). На выходе высокоточного фильтра шестого порядка величина смещения практически равна нулю (точечная линия 3), что свидетельствует о высокой помехоустойчивости и эффективности его работы практически при любом виде негауссовых ПРВ фильтруемого  $Y(t)$  и наблюдаемого  $Z(t)$  процессов.

Из рисунка 12 видно, что относительная погрешность оценки точности фильтрации также возрастает с ростом шумов в канале наблюдения (ростом отношения  $Q/G$ ) и может достигать 75 % – для фильтра Калмана, 8–10 % – для высокоточного фильтра четвертого порядка и 1–2 % – для высокоточного фильтра шестого порядка.

Получение на выходе высокоточных фильтров значений апостериорных коэффициентов асимметрии и эксцесса позволяет автоматически определять гауссовость или негауссовость фильтруемого процесса (о чем было сказано выше) и автоматически изменять алгоритмы работы (структуру) фильтра в целях минимизации вычислительных затрат при заданной точности фильтрации случайного процесса.

### Заключение

1. В данной и других статьях автора и его учеников [38, 39] разработана общая методология адаптивной высокоточной оптимальной нелинейной фильтрации многомерных негауссовых случайных процессов, наблюдаемых в непрерывных стохастических динамических (дифференциальных) системах с фиксированной структурой. Общность предлагаемой методологии обусловлена тем, что полученные общие алгоритмы оптимальной нелинейной фильтрации не зависят от конкретного вида стохастических дифференциальных уравнений, описывающих фильтруемый многомерный негауссовый случайный процесс и канал наблюдения (измеритель), а выражаются через вектор сноса  $A(y,t)$ , диффузионную матрицу  $B(y,t)$  и обновляющий процесс  $f(y,z,t)$ . Кроме того, данные алгоритмы обеспечивают оптимальную фильтрацию негауссовых случайных процессов по трем основным критериям оптимальности: условному математическому ожиданию, моде и медиане апостериорной ПРВ фильтруемого процесса.

2. Высокая точность разработанных алгоритмов оптимальной нелинейной фильтрации обусловлена учетом при фильтрации высших апостериорных центральных моментов произвольного  $R$ -го ( $R = 1, 2, 3, 4, \dots$ ) порядка фильтруемого многомерного процесса, а также использованием в них нового высокоточного метода раскрытия усреднений от одно- и многоаргументных нелинейностей произвольного вида по произвольной (гауссовой и негауссовой) апостериорной ПРВ, названного методом статистической аппроксимации нелинейностей.

3. Адаптивность разработанных алгоритмов высокоточной нелинейной фильтрации обусловлена автоматическим расчетом на ЭВМ (спецпроцессоре) в реальном времени апостериорных асимметрий и апостериорных эксцессов всех фазовых координат фильтруемого многомерного процесса с их последующим сравнением с пороговыми значениями. Если величины апостериорных асимметрий менее 0,25 и апостериорных эксцессов менее 0,5, то такой фильтруемый процесс с вероятностью 0,95 является гауссовым. В этом случае ЭВМ автоматически исключает из алгоритмов высокоточной фильтрации уравнения для высших апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса и решает задачу калмановской фильтрации. При невыполнении этих условий ЭВМ на этапе приработки фильтра автоматически последовательно добавляет в расчетные алгоритмы фильтрации уравнения для третьего, четвертого, пятого и шестого высших апостериорных центральных моментов и осуществляет проверку точности решения задачи оптимальной



нелинейной фильтрации. Итерационная процедура заканчивается при достижении относительной погрешности фильтрации не более 2–5 %. Решение восьми контрольных задач показало, что такая точность фильтрации обеспечивается при учете высших апостериорных центральных моментов фильтруемого процесса не выше шестого порядка для основных встречающихся на практике видов апостериорной ПРВ фильтруемого многомерного негауссового случайного процесса.

4. Из-за ограниченного объема статьи в ней приведены расчетные алгоритмы только для многомерного негауссового фильтруемого процесса с аддитивными шумами вида (25) и безынерционного нелинейного канала наблюдения вида (28) при независимых шумах в фильтруемом процессе и в канале наблюдения. Остальные варианты задач высокоточной оптимальной нелинейной фильтрации негауссовых многомерных случайных процессов изложены в других трудах автора и его учеников [38, 39].

5. В дальнейшем целесообразно продолжить исследования в направлении разработки алгоритмов оптимальной нелинейной фильтрации при зависимых (коррелированных) шумах в фильтруемом процессе и канале наблюдения, а также в стохастических динамических системах со случайно изменяющейся структурой [24, 40–46].

### Список литературы

1. Современная и прикладная теория управления: Оптимизационный подход к теории управления: в 3 т. / под ред. А. А. Колесникова. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учеб.: в 5 т. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.
3. Казаков, И. Е. Методы оптимизации стохастических систем / И. Е. Казаков, Д. И. Гладков. – М.: Наука, 1987.
4. Пугачев, В. С. Стохастические дифференциальные системы: Анализ и фильтрация / В. С. Пугачев, И. Н. Сеницын. – М.: Наука, 1990. – 632 с.
5. Стратонович, Р. Л. Условные марковские случайные процессы и их применение в теории оптимального управления / Р. Л. Стратонович. – М.: МГУ, 1966.
6. Сеницын, И. Н. Фильтры Калмана и Пугачева: учеб. пособие / И. Н. Сеницын. – М.: Унив. кн., Логос, 2006. – 640 с.
7. Калман, Р. Очерки по математической теории систем / Р. Калман, П. Фалб, М. Арbib. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
8. Леонтьев, Н. Е. Основы теории фильтрации: учеб. пособие / Н. Е. Леонтьев. – М.: МГУ, 2009. – 88 с.
9. Гельфанд, А. М. Цифровая фильтрация многомерных взаимозависимых процессов / А. М. Гельфанд, И. Х. Соломон. – М.: Дельфин-информатика, 2008.
10. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: справ. / Я. Д. Ширман и [др.]. – М.: Радиотехника, 2007. – 515 с.
11. Сасулин, Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации / Ю. Г. Сасулин. – М.: Сов. радио, 1992.
12. Нелинейные системы управления: описание, анализ и синтез / А. В. Пантелеев [и др.]. – М.: Вуз. кн., 2008. – 312 с.
13. Дашевский, М. Л. Приближенный анализ точности нестационарных нелинейных систем методом семиинвариантов / М. Л. Дашевский // Автоматика и телемеханика. – 1967. – № 11. – С. 62–81.
14. Дашевский, М. Л. Семиинвариантный метод замыкания уравнений для моментов в задачах анализа нелинейных систем / М. Л. Дашевский // Проблемы управления и теория информации. – 1975. – № 4. – С. 317–328.
15. Кошкарова, А. Г. Модифицированные семиинвариантные методы анализа стохастических систем / А. Г. Кошкарова, В. И. Шин // Автоматика и телемеханика. – 1986. – № 2. – С. 69–79.

16. Малахов, А. Н. Кумулянтный анализ негауссовых случайных процессов и их преобразования / А. Н. Малахов. – М.: Сов. радио, 1978.
17. Соколов, С. В. Использование негауссовых распределений при синтезе субоптимальных алгоритмов фильтрации / С. В. Соколов // Радиотехника. – 1991. – № 5.
18. Ярлыков, М. С. Применение марковской теории нелинейной фильтрации в радиотехнике / М. С. Ярлыков. – М.: Сов. радио, 1980.
19. Численные методы / Н. С. Бахвалов [и др.]. – М.: Наука, 1987.
20. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2008. – 480 с.
21. Колмагоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А. Н. Колмагоров, С. В. Фомин. – М.: Наука, 1981.
22. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах / под ред. К. Т. Леондеса; пер. с англ. – М.: Наука, 1980.
23. Тихонов, В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. – М.: Рипол классик, 2013. – 684 с.
24. Косачев, И. М. Аналитическое моделирование стохастических систем / И. М. Косачев, М. Г. Ерошенков. – Минск: Навука і тэхніка, 1993. – 264 с.
25. Владимиров, В. С. Обобщенные функции в математической физике / В. С. Владимиров. – М.: Наука, 1979. – 320 с.
26. Дрожжинов, Ю. Н. Введение в теорию обобщенных функций / Ю. Н. Дрожжинов, Б. И. Завьялов. – М.: МИАН, 2006. – 164 с.
27. Кострикин, А. И. Введение в алгебру / А. И. Кострикин. – М.: Наука, 1977.
28. Борович, З. И. Теория чисел / З. И. Борович, И. Р. Шафаревич. – М.: Наука, 1985.
29. Корн, Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Лань, 2003. – 832 с.
30. Мальчиков, С. В. Приближенный метод статистического анализа динамических систем, содержащих нелинейности мультипликативного типа / С. В. Мальчиков // Автоматика и телемеханика. – 1973. – № 10. – С. 33–38.
31. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / В. С. Королук [и др.]. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
32. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.
33. Теория вероятностей и математическая статистика / Л. К. Мартинсон [и др.]. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 424 с.
34. Млечин, В. В. Теория радиоэлектронного преодоления. Анализ воздействия помех на радиотехнические системы и устройства / В. В. Млечин. – М.: Радиотехника, 2009. – 976 с.
35. Ортега, Дж. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений / Дж. Ортега, У. Пул. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
36. Пантелеев, А. В. Обыкновенные дифференциальные уравнения: основы теории и алгоритмы решения / А. В. Пантелеев, А. С. Якимович, А. В. Босов. – М.: Вуз. кн., 2012. – 380 с.
37. Кузнецов, Д. Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения / Д. Ф. Кузнецов. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2010. – 816 с.
38. Галай, Я. Н. Методика оптимальной нелинейной фильтрации случайных процессов в ЗРК: дис. ... канд. техн. наук / Я. Н. Галай. – Минск, 1998. – 256 с.
39. Косачев, И. М. Методология высокоточной фильтрации немарковских случайных процессов, протекающих в вооружении и военной технике войск ПВО / И. М. Косачев, Я. Н. Галай // Сб. докл. Междунар. воен.-науч. конф., Минск, 10–16 марта 2000 г. / Воен. акад. Респ. Беларусь. – Минск, 2000. – С. 126–155.
40. Казаков, И. Е. Оптимизация динамических систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев. – М.: Наука, 1980. – 368 с.

41. Федосов, Е. А. Системы управления конечным положением в условиях противодействия среды / Е. А. Федосов, В. В. Инсаров, О. С. Селивохин. – М.: Наука, 1989. – 272 с.
42. Казаков, И. Е. Анализ систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев, В. А. Бухалев. – М.: Физматлит, 1993. – 272 с.
43. Пакшин, П. В. Дискретные системы со случайными параметрами и структурой / П. В. Пакшин. – М.: Физматлит, 1994. – 304 с.
44. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В. А. Бухалев. – М.: Физматлит, 1996. – 288 с.
45. Жук, С. Я. Методы оптимизации дискретных систем со случайной структурой: моногр. / С. Я. Жук. – Киев: КПИ, 2008. – 232 с.
46. Борисов, А. В. Оптимальная фильтрация состояний специальных управляемых систем случайной структуры / А. В. Борисов, А. И. Стефанович // Теория и системы управления. – 2007. – № 3. – С. 16–26.

---

\*Сведения об авторе:

Косачев Иван Михайлович.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 03.11.2014 г.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В ПАКЕТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

УДК 621.396.5

Е. Ю. Тихонова, А. Н. Мацкевич\*

*В статье приведены результаты имитационного моделирования классического дистанционно-векторного варианта маршрутизации и предлагаемого усовершенствованного за счет учета новых параметров варианта маршрутизации. Показана эффективность использования нового способа формирования интегральной метрики маршрутов при выборе пути передачи с использованием нечеткой логики.*

*In the article the results of classical distance-vector routing and modified variant of routing with new parameters simulation modeling is carried out. The efficiency of the integral route metric formation new method with fuzzy logic to choose the way of packets delivery is observed.*

В настоящее время ведется активная работа по формированию облика перспективной транспортной сети связи военного назначения. Используемые протоколы маршрутизации в рассматриваемой цифровой сети связи военного назначения во многом влияют на эффективность ее функционирования и показатели качества обслуживания. Под маршрутизацией понимается процедура определения оптимального по заданным параметрам на сети маршрута связи между узлами коммутации. Ключевую роль при этом играет используемый алгоритм маршрутизации, который определяет логику выбора маршрута.

Целесообразность использования того или иного метода маршрутизации зависит от топологии, нагрузки и задач, решаемых разрабатываемой сетью. На стадии проектирования сети это обуславливает необходимость проведения исследований по анализу эффективности работы существующих алгоритмов маршрутизации в сетях связи с учетом особенностей сценария работы сети и требуемой нагрузки. Эта задача решается путем проведения математического моделирования известных алгоритмов маршрутизации потоков информации в сети. Результаты данного моделирования могут быть использованы для формирования практических рекомендаций по применению протоколов маршрутизации в сетях связи. В некоторых случаях возникает необходимость как в модернизации старых, так и в разработке новых алгоритмов маршрутизации.

На сегодняшний день разработан ряд протоколов маршрутизации, которые успешно применяются в реальных сетях. Например, в сети Internet функционируют протокол маршрутной информации RIP, протокол предпочтительного выбора кратчайшего пути OSPF, протокол граничного шлюза BGP. Коды данных протоколов являются открытыми, это стало одной из причин реализации их в маршрутизаторе военного назначения П-320. Однако при определенных сценариях работы сети (в случае резкого увеличения нагрузки либо увеличения количества узлов сети) данные протоколы демонстрируют низкую эффективность. Одной из причин является то, что при определении маршрута передачи пакетного трафика данные протоколы учитывают только один параметр состояния узлов и каналов связи – количество промежуточных узлов (количество переприемов). Анализ литературы показал, что учет таких параметров, как загруженность выходных пакетных буферов портов и надежность каналов связи может значительно повысить эффективность существующих протоколов выбора кратчайшего пути.

В связи с этим актуальной задачей является проведение имитационного моделирования для исследования особенностей маршрутизации в соответствии с классическим дистанционно-векторным протоколом RIP при различных сценариях сети.

Функциональная схема узла маршрутизации представлена на рисунке 1 [1]. Сетевые протоколы (например, протокол IP) активно используют в своей работе таблицу маршрутизации, но ни ее построением, ни поддержанием ее содержимого не занимаются. Эти функции выполняют протоколы маршрутизации. На основании данных протоколов маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети, а затем анализируют полученные сведения, определяя наилучшие по тем или иным критериям маршруты.

Алгоритм маршрутизации лежит в основе протокола маршрутизации. Протокол маршрутизации реализуется в виде программных модулей на узлах, выполняющих функции маршрутизации данных.

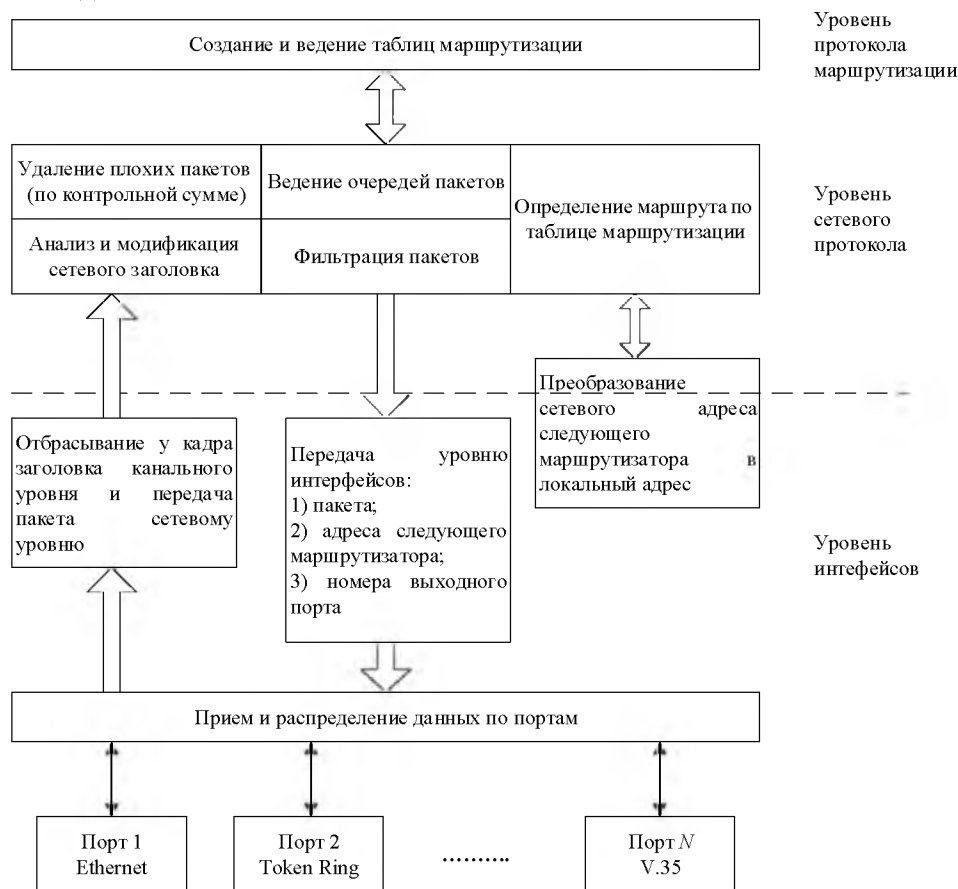


Рисунок 1 – Функциональная схема узла маршрутизации

В соответствии с представленной функциональной схемой разработана модель маршрутизатора в программе MatLab (рисунок 2). Использована система MatLab, которому она предоставляет инструментарий разработки систем нечеткого вывода (пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox) и так называемых событийных систем (пакет расширения SimEvents), в виде которых может быть представлена сеть связи с пакетной коммутацией.

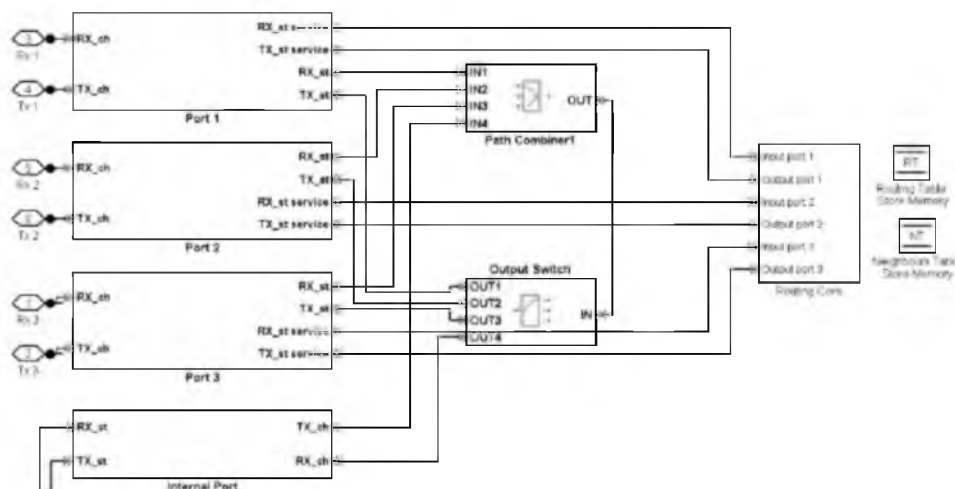


Рисунок 2 – Модель узла маршрутизации в MatLab

Ключевую роль в разработанной модели играет ядро маршрутизации (Routing Core), которое выполняет функции создания и ведения таблицы маршрутизации. В ядре маршрутизации прописывается алгоритм построения маршрута в соответствии с определенным протоколом маршрутизации. В данном случае реализован алгоритм работы протокола RIP ver. 2.

Анализ показал, что учет загруженности пакетных буферов выходных портов и надежности каналов связи может значительно повысить эффективность существующего протокола выбора кратчайшего пути. Применение аппарата нечеткой логики при этом позволяет избежать построения строгой математической модели, что значительно упрощает задачу маршрутизации. Выбор маршрута передачи в этом случае осуществляется по интегральному показателю – рейтингу маршрута, который формируется системой нечеткого вывода в ядре маршрутизации [2].

На рисунке 3 показаны структуры систем нечеткого вывода для формирования рейтинга маршрута при учете различного числа входных параметров:

двух – количества переприемов на маршруте, загруженности выходных буферов;

трех – количества переприемов на маршруте, загруженности выходных буферов, надежности канала связи.

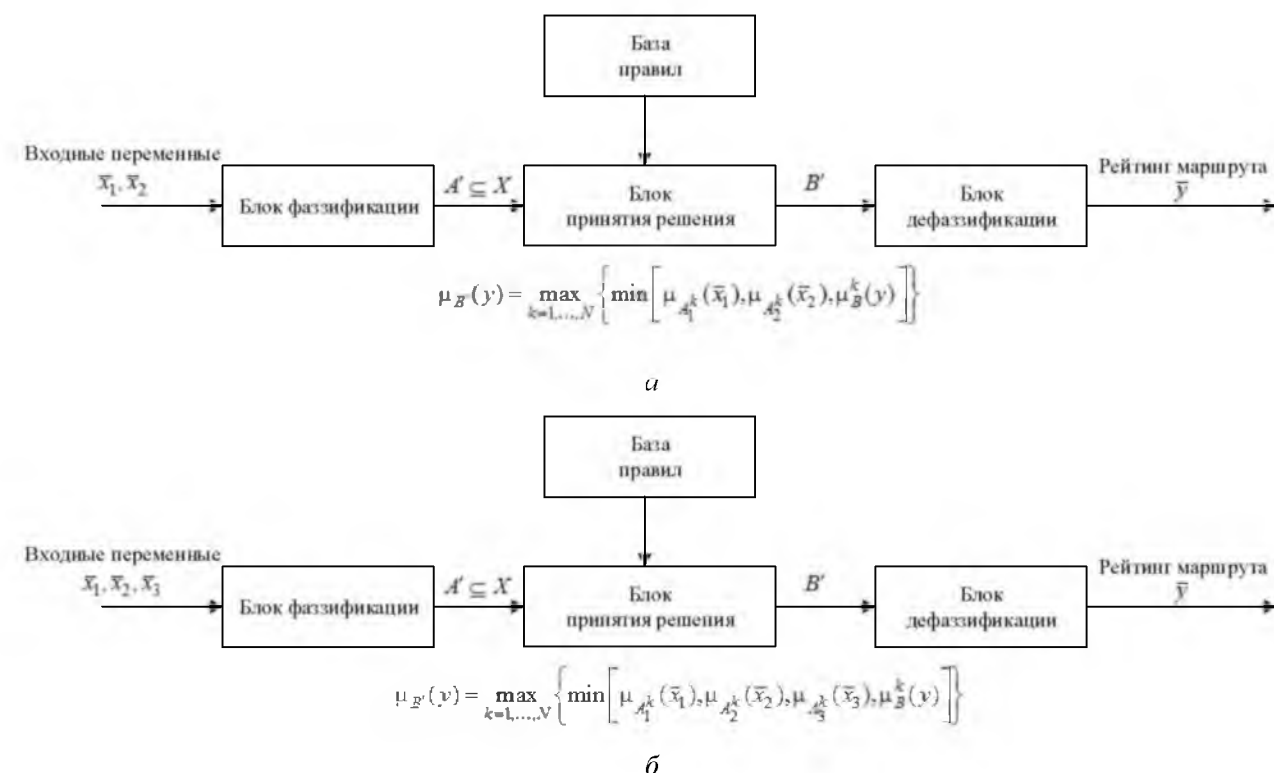


Рисунок 3 – Система нечеткого вывода рейтинга маршрута при двух (а) и трех (б) входных параметрах состояния узлов и каналов связи на маршруте

При разработке имитационной модели процесса маршрутизации в сети с использованием блока формирования рейтинга маршрута на основе нечеткой логики использован пакет MatLab. Для оценки эффективности предлагаемого способа многопараметрической маршрутизации разработана имитационная модель в пакете расширения Sim Events. Структура имитационной модели подробно изложена в [3].

Моделирование проведено для трех вариантов маршрутизации:

дистанционно-векторный алгоритм маршрутизации по кратчайшему пути. При этом учитывается только один параметр состояния узлов и каналов связи на маршруте – количество переприемов;

многопараметрическая маршрутизация с учетом двух параметров – количества переприемов и загруженности выходного буфера;

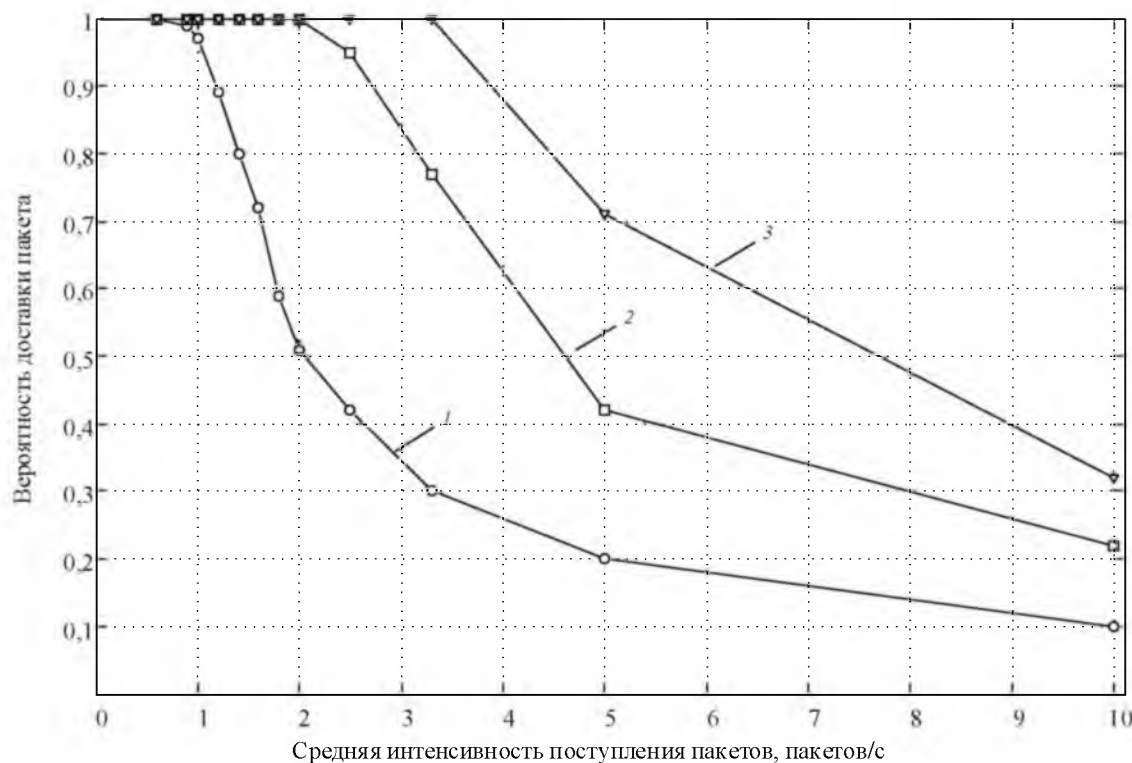
многопараметрическая маршрутизация с учетом трех параметров – количества переприемов, загруженности выходного буфера, вероятности доставки на маршруте.

Параметры имитационной модели приведены в таблице. Для каждого варианта проведена серия экспериментов.

Сравнительный анализ предложенных вариантов маршрутизации проведен по основным показателям качества работы сети, таким как вероятность доставки пакета и средняя задержка передачи пакета по сети. Результаты имитационного моделирования приведены на рисунках 4 и 5.

Таблица – Перечень исходных параметров для моделирования

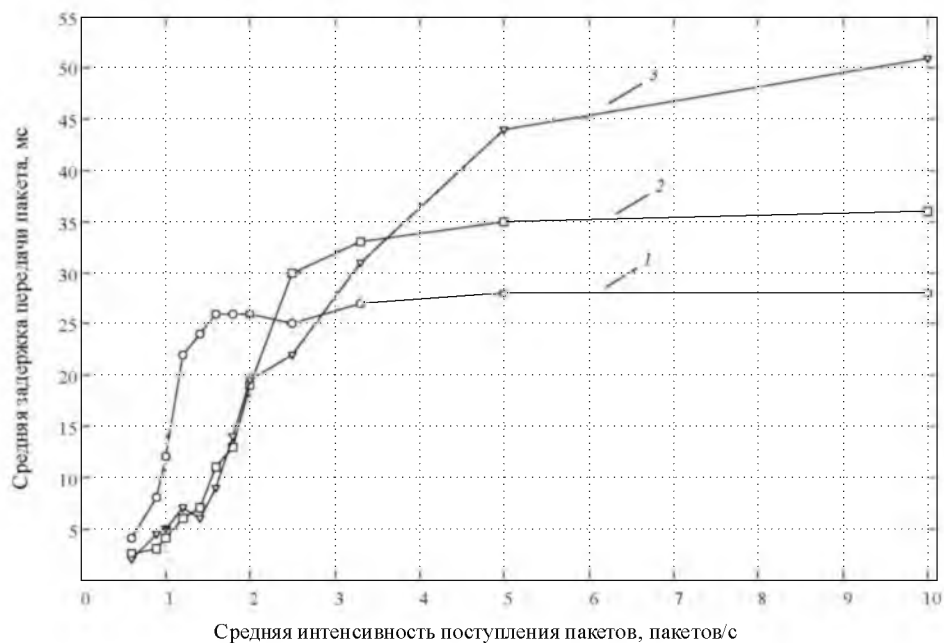
Название параметра имитационной модели	Значение параметра
Средняя длина пакета, бит	1000
Пропускная способность каналов, бит/с	1000
Емкость выходных буферов, пакетов	25
Емкость входных буферов, пакетов	1000
Время моделирования, с	300
Количество экспериментов	10
Средняя интенсивность поступления пакетов, пакетов/с	от 0,5 до 10



- 1 – маршрутизация при учете количества переприемов;  
 2 – маршрутизация при учете количества переприемов и загруженности выходного буфера;  
 3 – маршрутизация при учете количества переприемов, загруженности выходного буфера, вероятности доставки на маршруте

Рисунок 4 – График зависимости вероятности доставки пакетов от средней интенсивности поступления пакетов для различных вариантов маршрутизации

На рисунках 6 и 7 приведены графики загруженности выходных буферов и коэффициентов использования каналов маршрутов в течение времени моделирования при учете одного (количества переприемов) и двух (количества переприемов и загруженности выходных буферов) параметров соответственно при использовании двух, трех и пяти термов лингвистических переменных при входном потоке 2,5 пакета/с. Данные графики дают возможность оценить характер использования ресурсов сети.



- 1 – маршрутизация при учете количества переприемов;  
 2 – маршрутизация при учете количества переприемов и загруженности выходного буфера;  
 3 – маршрутизация при учете количества переприемов, загруженности выходного буфера, вероятности доставки на маршруте

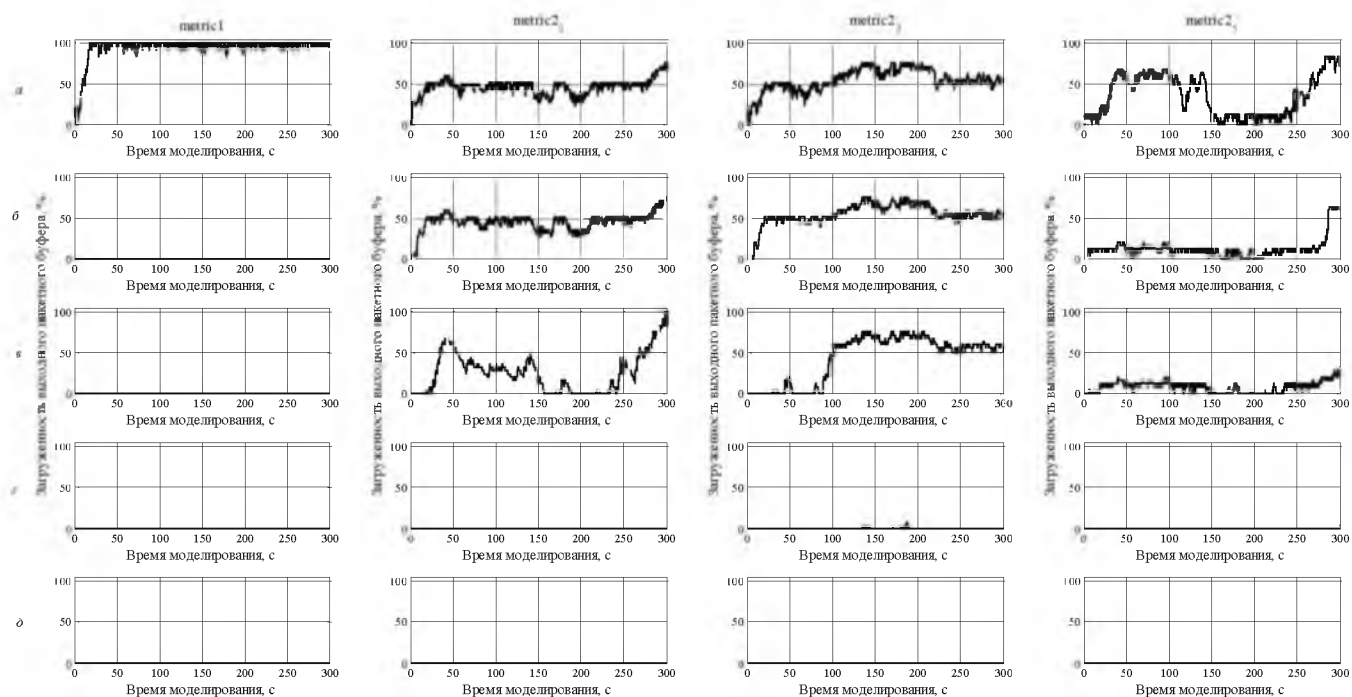
Рисунок 5 – График зависимости средней задержки передачи пакетов от средней интенсивности поступления пакетов для различных вариантов маршрутизации

Анализ использования ресурсов сети показал, что учет загруженности выходных буферов позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы сети, что повышает эффективность работы сети в целом (увеличивает вероятность доставки пакета). Так, при учете только одного параметра («metric1») вероятность доставки составляет 0,42 при средней задержке примерно 24,8 с (рисунки 4 и 5), при этом первый выходной буфер оказывается перегружен, а ресурс остальных пакетных буферов не используется. В случае учета текущей загруженности пакетных буферов («metric2») вероятность доставки равна единице, то есть потерь пакетов не происходит, средняя задержка при этом повышается незначительно (на ~2 мс), это достигается за счет рационального использования доступной свободной емкости выходных буферов других маршрутов с большим количеством переприемов.

Как видно из приведенных зависимостей на рисунках 6 и 7, использование различного количества термов каждой лингвистической переменной определяет характер использования доступных ресурсов сети: доступной свободной емкости выходных буферов и доступной пропускной способности каналов связи.

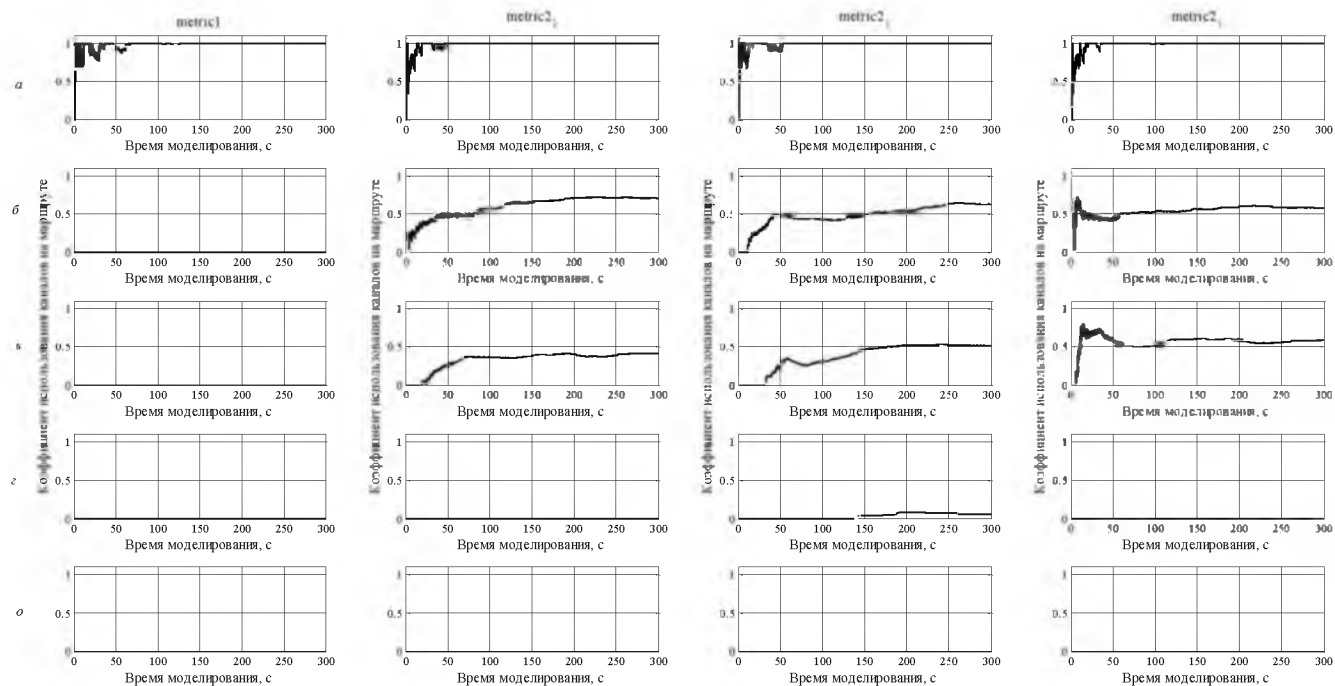
Применение аппарата нечеткой логики для учета текущей загруженности буферов выходных портов позволяет повысить показатели качества обслуживания пользователей. Полученные результаты имитационного моделирования показали, что учет загруженности буферной памяти приводит к более рациональному ее использованию, следствием этого является оптимальная работа сети в целом. В частности, это позволило обеспечить надежную передачу с вероятностью доставки, близкой к единице, входного трафика с интенсивностью, в 3,3 раза большей, чем при использовании одного маршрута передачи, определенного согласно протоколу RIP; снизить среднее время передачи пакета при достоверной доставке его по сети.





*a* – выходной буфер первого маршрута (1 переприем); *б* – выходной буфер второго маршрута (4 переприема);  
*в* – выходной буфер третьего маршрута (8 переприемов);  
*г* – выходной буфер четвертого маршрута (12 переприемов); *д* – выходной буфер пятого маршрута (15 переприемов)

Рисунок 6 – Загруженность выходных буферов при учете одного и двух параметров с двумя («metric2\_2»), тремя («metric2\_3») и пятью («metric2\_5») термами каждой лингвистической переменной системы нечеткого вывода рейтинга маршрута



*a* – выходной буфер первого маршрута (1 переприем); *б* – выходной буфер второго маршрута (4 переприема);  
*в* – выходной буфер третьего маршрута (8 переприемов);  
*г* – выходной буфер четвертого маршрута (12 переприемов); *д* – выходной буфер пятого маршрута (15 переприемов)

Рисунок 7 – Коэффициент использования каналов на маршруте при учете одного («metric1») и двух параметров с двумя («metric2\_2»), тремя («metric2\_3») и пятью («metric2\_5») термами каждой лингвистической переменной системы нечеткого вывода рейтинга маршрута

Периодический анализ состояния возможных маршрутов позволяет адекватно реагировать системе маршрутизации на увеличение нагрузки, изменения в топологии сети и рационально расходовать ресурсы сети, обеспечивая высокие показатели качества обслуживания.

#### Список литературы

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 958 с.
2. Тихонова, Е. Ю. Выбор маршрута передачи данных на основе нечеткой логики / Е. Ю. Тихонова, А. Н. Мацкевич, В. В. Шаболтиев // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2011. – № 20. – С. 77–81.
3. Тихонова, Е. Ю. Моделирование многопараметрической маршрутизации с использованием нечеткой логики в пакете MatLab / Е. Ю. Тихонова, А. Н. Мацкевич // Вест. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2013. – № 4. – С. 71–78.

---

\* Сведения об авторах:

Тихонова Екатерина Юрьевна.

Мацкевич Артур Николаевич.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 05.11.2014 г.

## 4. РАЗРАБОТКА, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

### ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ФИЛЬТРОВ И СОГЛАСУЮЩИХ ЦЕПЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АППРОКСИМИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ

УДК 621.372.512

П. В. Бойкачев, Г. А. Филиппович, В. Ф. Белевич\*

*Произведен выбор критерия для оптимального синтеза частотно-избирательных и согласующих цепей. Решена задача оптимального синтеза по заданному критерию.*

*Criterion selection for optimal synthesis of filters and matching circuits is presented. The problem of optimal synthesis of the set criterion is under consideration.*

#### **Постановка задачи и выбор критерия для оптимального синтеза частотно-избирательных и согласующих цепей**

Задача синтеза любой электрической цепи подразумевает построение электрической цепи с заданными свойствами [1]. При этом под свойствами цепи могут пониматься различные ее качества, такие как электрические характеристики, структура, вид используемых элементов, стоимость, вес, габариты, стабильность характеристик, число элементов и т. д. Однако главнейшими свойствами, определяющими целевое назначение электрических цепей, являются их характеристики. В статье [5] предложена модификация аппроксимирующих функций, однако не приведен критерий оптимального синтеза. **Цель работы** – изложить подход к проектированию цепей по новым критериям оптимальности с использованием модифицированных функций, представленных в [5].

Пусть задана непрерывная функция  $\xi(\omega)$ . Требуется построить такую электрическую цепь, частотная характеристика (ЧХ) которой воспроизводит эту зависимость. Воспроизведение функцией цепи  $f(\omega, \vec{D})$  ( $\vec{D} = D_1, \dots, D_m$  – векторная запись совокупности варьируемых параметров, количество которых равно  $m$ ) заданной функции  $\xi(\omega)$ , как правило, должно быть не на всей оси  $\omega$ , а на ее части. Эта часть (рабочий участок) может представлять собой интервал конечной длины, совокупность интервалов и дискретных точек или просто набор конечного числа дискретных точек [1].

Рабочий участок оси  $\omega$  будем называть множеством и обозначать буквой  $\Omega$ .

Разумеется, во всех случаях нельзя добиться точного совпадения функций  $\xi(\omega)$  и  $f(\omega, \vec{D})$ . Если даже допустить, что теоретически такое возможно, то при реальном проектировании не удастся сохранить точность математического решения и в действительности получается лишь приближенное совпадение функций.

Таким образом, можно говорить о получении функции цепи, приближенно воспроизводящей заданную зависимость. В качестве критерия, оценивающего близость функций, может быть использовано соотношение

$$\int_{\Omega} p(\omega) \left| \xi(\omega) - f(\omega, \vec{D}) \right|^s d\omega \leq \delta. \quad (1)$$

Критерий (1) называется среднестепенным [1]. В частном случае  $S=2$  он представляет собой широко известный взвешенный среднеквадратичный критерий [1]. Методы квадратичных приближений (называемые также методами наименьших квадратов [2]) получили достаточно широкое распространение в задачах синтеза электрических цепей при аппроксимации не только частотных [3, 4], но и временных характеристик. При  $S \rightarrow \infty$  среднестепенный критерий превращается в чебышевский [1].

Таким образом, задачу построения цепи с характеристикой  $\xi(\omega)$  можно сформулировать следующим образом [1]: найти функцию цепи  $f(\omega, \bar{D})$ , которая удовлетворяет условиям реализуемости, в смысле заданного критерия близости отклоняется от заданной характеристики  $\xi(\omega)$  на величину, не превышающую  $\delta$ .

Именно таким образом и формулируются задачи синтеза, связанные с конкретными разработками цепей целевого назначения.

### *Решение задачи оптимального синтеза по заданному критерию*

Запишем задачу синтеза по критерию минимального отклонения ЧХ расчетного коэффициента передачи мощности и группового времени задержки (ГВЗ) от заданной функции для случая линейного чебышевского приближения:

$$\int_a^b p(\omega) \left[ \xi_1(\omega) - K_p(\omega, \bar{D}) \right] d\omega \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $\xi_1(\omega)$  – заданные значения коэффициента передачи мощности (КПМ) на интервале  $[a; b]$ ;  
 $K_p(\omega, \bar{D})$  – значения КПМ реализуемой цепи.

$$\int_a^b p(\omega) \left[ \xi_2(\omega) - t_{гр}(\omega, \bar{D}) \right] d\omega \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $\xi_2(\omega)$  – заданные значения группового времени задержки (ГВЗ) на интервале  $[a; b]$ ,  
 $t_{гр}(\omega, \bar{D})$  – значения ГВЗ реализуемой цепи.

Аппроксимирующая функция (АФ) описывает функцию передачи мощности (ФПМ) синтезируемой цепи. Линейный критерий выбран в связи с тем, что ошибка, найденная по данному критерию, будет соответствовать ошибке ФПМ и при нахождении оптимального значения будет давать результат для ФПМ. В свою очередь, квадратичный критерий будет давать оценку квадрату ФПМ, что приведет к смещению оптимального положения вводимых нулей передачи [5].

Для КПМ весь частотный диапазон подлежит разбиению на поддиапазоны. Этот случай иллюстрирует рисунок 1, а, пунктирными линиями выделены соответствующие частотные поддиапазоны. Цифрой 2 обозначена полоса пропускания  $\omega_1 \dots \omega_2$ ; 1, 3 – полосы заграждения  $\omega_{\min} \dots \omega_1$  и  $\omega_2 \dots \omega_{\max}$ .

При синтезе цепи с такой ЧХ минимизации подлежит более сложная функция ошибки, она учитывает поведение реализуемой характеристики как внутри диапазона согласования (фильтрации), так и вне его:

$$I = W_1 \int_{\omega_{\min}}^{\omega_1} (\xi_1(\omega) - K_p(\omega)) d\omega + W_2 \int_{\omega_1}^{\omega_2} (\xi_1(\omega) - K_p(\omega)) d\omega + W_3 \int_{\omega_2}^{\omega_{\max}} (\xi_1(\omega) - K_p(\omega)) d\omega \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $W_1, W_2, W_3$  – весовые коэффициенты.

Для низкочастотного прототипа (4) имеет вид

$$I = W_1 \int_{\omega_1}^{\omega_2} (\xi_1(\omega) - K_p(\omega)) d\omega + W_2 \int_{\omega_2}^{\omega_{\max}} (\xi_1(\omega) - K_p(\omega)) d\omega \rightarrow \min, \quad (5)$$

где  $[\omega_1; \omega_2]$  – полоса пропускания,

$[\omega_2; \omega_{\max}]$  – полоса заграждения.

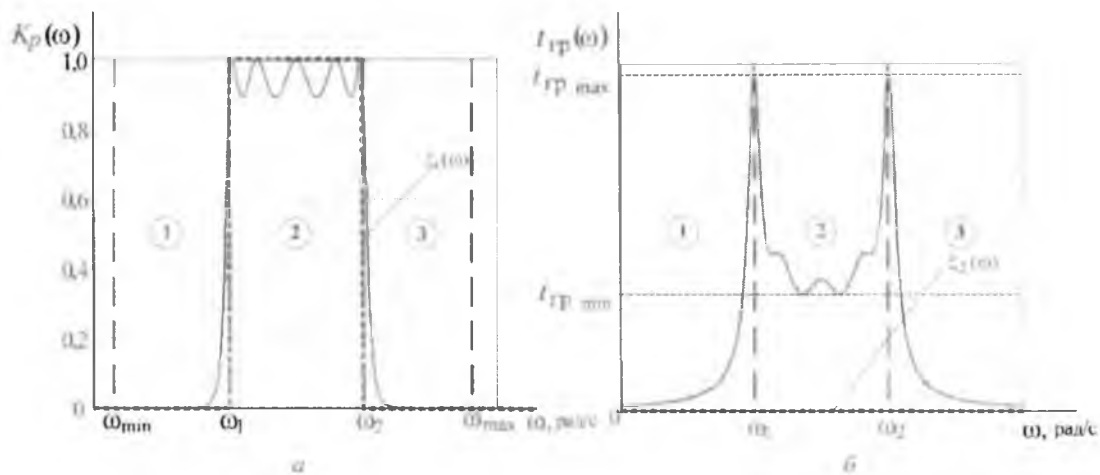


Рисунок 1 – Идеальные и реальные характеристики функций передачи (а) и ГВЗ (б)

Для зависимости ГВЗ интересующий частотный диапазон находится в полосе пропускания синтезируемой цепи. АФ должна иметь максимальную равномерность в данной полосе. Этот случай иллюстрирует рисунок 1, б, пунктирной линией выделена функция с идеальной задержкой в полосе. При синтезе цепи с такой характеристикой минимизации подлежит функция ошибки, учитывающая поведение ГВЗ реализуемой ЧХ согласующей цепи или фильтра:

$$T = W \int_{\omega_1}^{\omega_2} |\xi_2(\omega) - t_{гp}(\omega)| d\omega \rightarrow \min. \quad (6)$$

В рассматриваемом случае функция  $\xi_2(\omega)$  определяет требования к поведению ГВЗ в полосе пропускания и может быть описана следующим образом:

$$\xi_2(\omega) = 0, \{ \omega_1 \leq \omega < \omega_2 \}. \quad (7)$$

При синтезе возможно выделение из интервала исходных данных большого количества поддиапазонов. В этом случае говорят о многодиапазонном синтезе. Независимо от количества полос пропускания и заграждения решение задачи синтеза сводится к минимизации суммы функций ошибок для каждого диапазона с учетом весовых

коэффициентов, поэтому подходы к синтезу при различном количестве полос пропускания и заграждения можно считать аналогичными.

**Решение задачи оптимального синтеза электрических фильтров с нулями передачи в области вещественных частот**

В ранее опубликованных статьях [5–10] была показана модификация АФ:

$$K_m(-s^2) = \frac{k^2}{1 + \varepsilon^2 \prod_{q=1}^N (s_q - 1) \prod_{q=1}^N (s + s_q)} \Psi_m(s) \Psi_m(-s) \quad (8)$$

где  $s = \pm\sigma \pm j\omega$  – комплексная частота;

$\Psi_m(s)$  – аппроксимирующий полином  $m$ -го порядка;

$\varepsilon$  – коэффициент неравномерности характеристики в полосе пропускания;

$s$  – комплексная частота, на которой функция принимает нулевое значение;

$k$  – коэффициент, не превышающий единицы;

$q$  – номер вводимого нуля передачи;

$N$  – количество вводимых нулей передачи.

Модификация (8) увеличивает вариативные свойства АФ и дает возможность оптимизировать АФ по заданным критериям. Определим, каким образом необходимо модифицировать АФ или какими координатами должны обладать вводимые нули передачи для выполнения того или иного критерия. Зададимся комплексным критерием оценки (5) ЧХ для оптимального синтеза цепи с максимальной равномерностью в полосе и максимальным затуханием за полосой фильтрации.

Для решения этой задачи необходимо провести поиск координат вводимых нулей передачи в АФ Чебышева и Баттерворта, при которых наиболее точно будет выполняться установленный критерий. С этой целью построим поверхность, описывающую величину комплексной ошибки аппроксимации (5) для модифицированных функций (МФ) Чебышева и Баттерворта пятого порядка при различном расположении вводимых нулей передачи в комплексной плоскости. Анализируя поверхности, представленные на рисунке 2, можно заметить, что в определенных точках ошибка аппроксимации имеет наименьшее значение. Для точного определения координат оптимального расположения нулей на  $S$ -плоскости необходимо подставить в выражение (5) формулу (8) и продифференцировать его по  $s$  (где  $s = \pm\sigma \pm j\omega$ ). Получив результат, приравнять его к нулю. Решая систему нелинейных уравнений, можно найти оптимальное расположение нулей на  $S$ -плоскости.

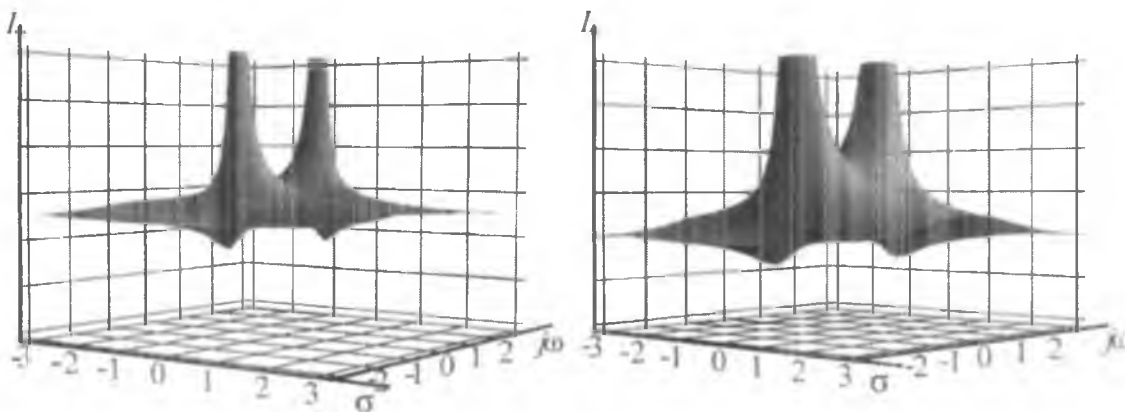


Рисунок 2 – Поверхность описывающая величину комплексной ошибки аппроксимации для модифицированных функции Чебышева (а) и Баттерворта (б) пятого порядка

Целесообразно проверить вышеуказанную закономерность для различных АФ и порядков вводимых нулей передачи  $m$ . Проведем подобный анализ для МФ Чебышева (пульсация 0,5 дБ) и Баттерворта со второго по десятый порядок. В таблице 1 представлено оптимальное расположение вводимых нулей для функций Чебышева (пульсация 0,5 дБ) и Баттерворта с первого по десятый порядок по критерию (5).

Таблица 1 – Оптимальное расположение вводимых нулей для МФ по критерию (8)

Для модифицированной функции Чебышева пульсация 0,5; 1; 2; 3 дБ										
$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\omega_0(0,5 \text{ дБ})$	7	3,8	1,9	1,35	1,2	1,15	1,1	1,05	1,05	1,05
$\omega_0(1 \text{ дБ})$	6,8	3,7	1,8	1,3	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05
$\omega_0(2 \text{ дБ})$	6,6	3,6	1,75	1,5	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05
$\omega_0(3 \text{ дБ})$	6,4	3,55	1,7	1,25	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05
Для модифицированной функции Баттерворта										
$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\omega_0$	6,4	4	2,2	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,15

Следует отметить, что для оптимального синтеза цепей по критерию (5) нули следует располагать на вещественной оси комплексной плоскости. Математическое выражение для МФ (8) при синтезе цепей по критерию (5) будет выглядеть следующим образом:

$$K_m^2(\omega) = \frac{k^2}{1 + \varepsilon^2 \prod_{i=1}^n (\omega_i^2 - 1)^2} \frac{T_m^2(\omega)}{\prod_{i=1}^n (\omega_i^2 - \omega^2)^2} \quad (9)$$

где  $T_m^2(\omega)$  – аппроксимирующий полином Чебышева  $m$ -го порядка;  
 $\varepsilon$  – коэффициент неравномерности характеристики в полосе пропускания;  
 $\omega_i$  – частота, на которой функция принимает нулевое значение;  
 $n$  – количество частот, на которых функция принимает нулевое значение;  
 $k$  – коэффициент, не превышающий единицы.  
 Для МФ Баттерворта математическое выражение принимает вид

$$K_m^2(\omega) = \frac{k^2}{1 + \prod_{i=1}^n (\omega_i^2 - 1)^2} \frac{\omega^{2m}}{\prod_{i=1}^n (\omega_i^2 - \omega^2)^2} \quad (10)$$

### ***Решение задачи оптимального синтеза электрических фильтров с нулями передачи на комплексной плоскости***

Часто задача оптимального синтеза в постановке (5) не так важна, как задача (6). Это объясняется тем, что разработчику не всегда требуется синтезировать цепь с заданным КПМ, в некоторых задачах необходимо синтезировать цепь с требуемыми характеристиками ГВЗ. В этом случае говорят о задаче синтеза АФ по критерию максимального постоянства ГВЗ. По критерию (6) нецелесообразно модифицировать АФ Баттерворта, так как она уже

изначально имеет постоянное ГВЗ и модификация только ухудшает постоянство данной характеристики. Целесообразно провести модификацию равноволновых характеристик. По аналогии необходимо провести поиск координат вводимых нулей передачи в АФ Чебышева, при которых наиболее точно будет выполняться критерий (6).

Построим поверхность, описывающую величину ошибки (6) для МФ Чебышева пятого порядка (рисунок 3).

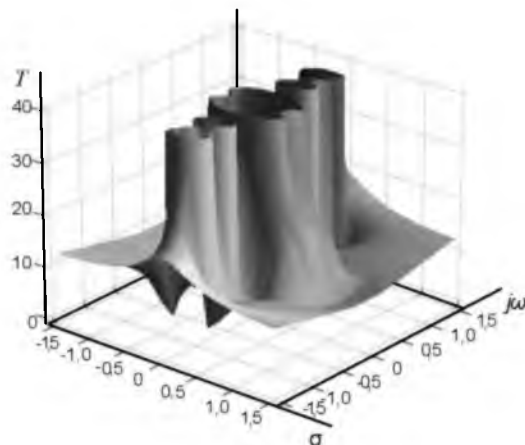
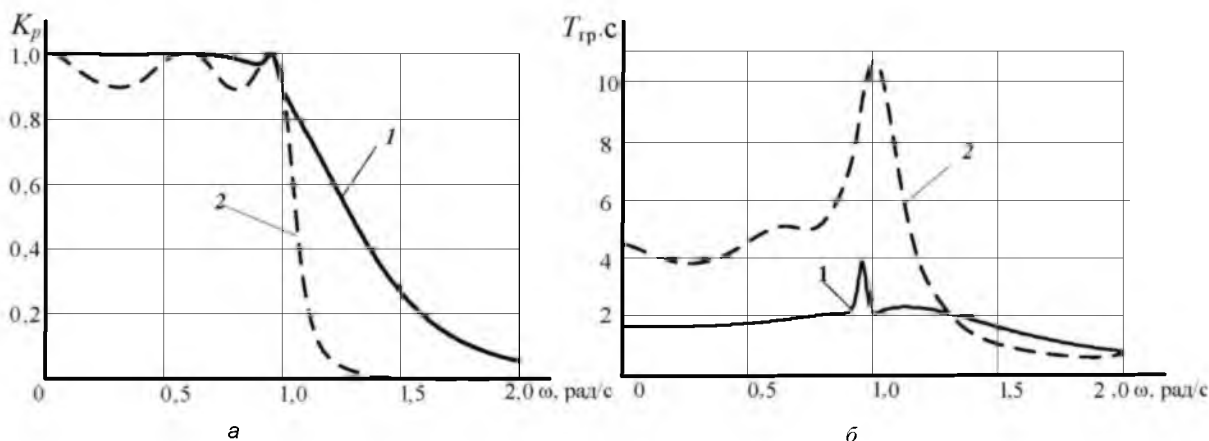


Рисунок 3 – Поверхность, описывающая величину ошибки (6) для МФ Чебышева пятого порядка

Рисунок 3 позволяет определить область расположения вводимых нулей передачи, в которой разброс ГВЗ минимален. Видимая на рисунке пара нулей расположена на комплексной плоскости. Модифицировать функцию необходимо таким образом, чтобы четверка нулей соответствовала координатам, где неравномерность ГВЗ минимальна (рисунок 4). Для точного определения координат оптимального расположения нулей на  $S$ -плоскости необходимо подставить в выражение (6) формулу (8) и продифференцировать его по  $s$  (где  $s = \pm\sigma \pm j\omega$ ). Получив результат, приравнять его к нулю. Решая систему нелинейных уравнений, можно найти оптимальное расположение нулей на  $S$ -плоскости для различных порядков (таблица 2).



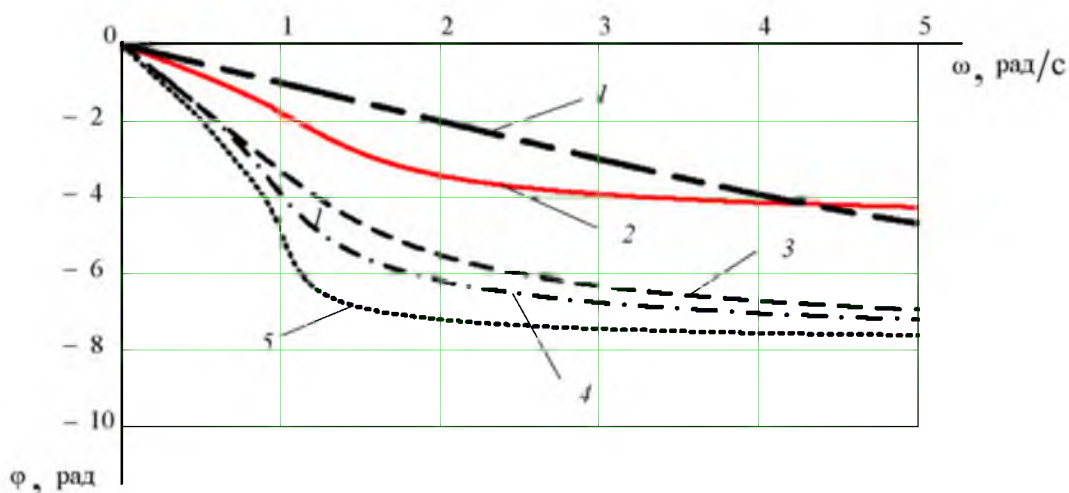
1 – модифицированная функция Чебышева пятого порядка, 2 – классическая функция Чебышева пятого порядка

Рисунок 4 – Функция коэффициента передачи по мощности (а) и ГВЗ (б) от частоты

Анализ приведенных зависимостей показывает, что МФ Чебышева пятого порядка уступает классической функции в избирательности, но имеет большую равномерность в полосе фильтрации (согласования) КПМ и более равномерное и меньшее ГВЗ. Такой вариант фильтра важен в условиях, когда определяющими являются требования линейности ФЧХ. Ниже приведены ФЧХ идеальной, МФ, Бесселя, равноволновой,



максимально плоской функций для одинакового порядка и коэффициента неравномерности АФ (рисунок 5).



1 – идеальная характеристика, 2 – МФ Чебышева, 3 – функция Бесселя, 4 – функция Баттерворта  
5 – классическая функция Чебышева

Рисунок 5 – ФЧХ фильтров-прототипов при одинаковых начальных условиях

Таблица 2 – Оптимальное расположение вводимых нулей для МФ по критерию (9)

$m$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\omega_0$ 0,5 дБ	0,7	0,87	0,922	0,957	0,968	0,98	0,986	0,987	0,989
$\sigma$ 0,5 дБ	0,08	0,04	0,03	0,017	0,015	0,013	0,01	0,008	0,006

Следует заметить, что изменение уровня неравномерности частотной характеристики к существенному перемещению оптимально расположенных нулей не приводит. Для практического подтверждения вышеизложенного необходимо провести эксперимент по реализации цепи с заданными ЧХ.

### *Реализация диплексера фильтрового типа с использованием МФ Чебышева при доработке изделия Р-181-УМУ*

Для выполнения условия по уровню интермодуляционных искажений и уровню высших гармонических составляющих с учетом требований к модемам по стандарту DRM [14] в радиостанции Р-181-50ВУ [11] ОВЧ/УВЧ диапазона необходимо реализовать на выходе УМ Р-181-УМУ фильтрующую систему, состоящую из фильтра нижних частот (ФНЧ) и фильтра верхних частот (ФВЧ), включенных параллельно друг другу (так называемый диплексер). ФНЧ и ФВЧ диплексера должны иметь: минимальную неравномерность в полосе фильтрации (порядка 0,1 дБ) и максимальную крутизну спада в полосе заграждения (порядка 55 дБ на частоте 1,35 частоты среза). Порядок фильтров должен быть минимален для меньшего затухания сигнала при прохождении диплексера (не более седьмого порядка). Известные диплексеры фильтрового типа на базе классических фильтров Чебышева или Баттерворта [12, 13] не обеспечивают выполнения вышеизложенных требований, а фильтр Золотарева [13] имеет избыточное количество элементов схемы.

Принципиальная схема предлагаемого диплексера фильтрового типа на базе МФ Чебышева [5], синтезированная по критерию (5), приведена на рисунке 6. Порядок фильтров выбран из условий, предъявляемых к характеристикам диплексера.

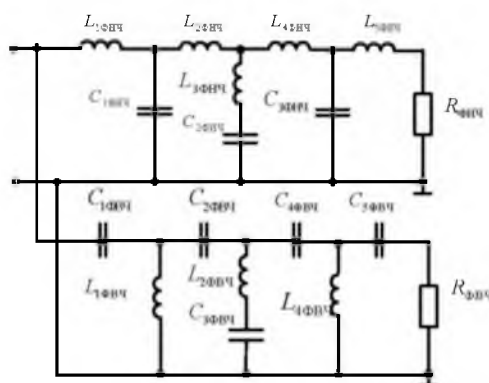
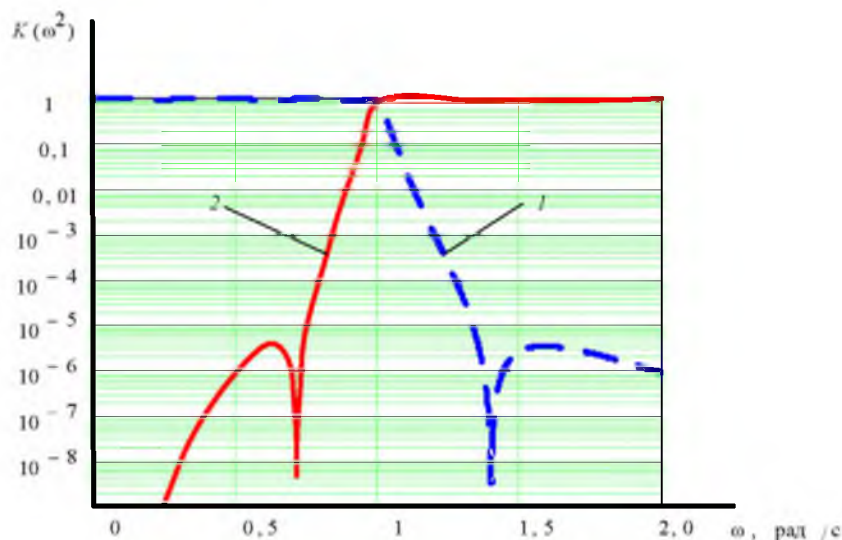


Рисунок 6 – Принципиальная схема предлагаемого диплексера фильтрового типа

Для наглядной демонстрации в среде Mathcad по методике, представленной в [5], и критерию (5) была реализована модель устройства. ФПМ предлагаемого диплексера представлена на рисунке 7. Нуль передачи расположен на частоте  $1,4 \omega_c$ , нормированные элементы фильтров имеют следующие значения: для ФВЧ  $C1_{\text{ФВЧ}} = 0,668$ ;  $C2_{\text{ФВЧ}} = 0,524$ ;  $C3_{\text{ФВЧ}} = 1,968$ ;  $C4_{\text{ФВЧ}} = 0,524$ ;  $C5_{\text{ФВЧ}} = 1,497$ ;  $L1_{\text{ФВЧ}} = 0,693$ ;  $L2_{\text{ФВЧ}} = 0,982$ ;  $L3_{\text{ФВЧ}} = 0,693$ ;  $R_{\text{ФВЧ}} = 1$ ; и для ФНЧ  $L2_{\text{ФНЧ}} = 1,909$ ;  $L3_{\text{ФНЧ}} = 0,508$ ;  $L4_{\text{ФНЧ}} = 1,909$ ;  $L5_{\text{ФНЧ}} = 1,497$ ;  $C1_{\text{ФНЧ}} = 1,444$ ;  $C2_{\text{ФНЧ}} = 1,018$ ;  $C3_{\text{ФНЧ}} = 1,444$ ;  $R1_{\text{ФНЧ}} = 1$ .



1 – ФНЧ; 2 – ФВЧ

Рисунок 7 – Квадрат АЧХ предлагаемого диплексера в логарифмическом масштабе

Анализ приведенных зависимостей на рисунке 7 показывает, что диплексер, реализованный на базе МФ Чебышева с использованием АФ [5] и по критерию (5), обеспечивает требования к частотно-разделительному устройству на выходе усилителя Р-181-УМУ по уровню интермодуляционных искажений. Неравномерность в полосе фильтрации не превышает 0,1 дБ, крутизна спада в полосе заграждения на частоте 1,35 частоты среза порядка 55 дБ.

Практическая реализация диплексера представлена на рисунке 8. Диплексер был рассчитан на частоту среза 43 МГц.

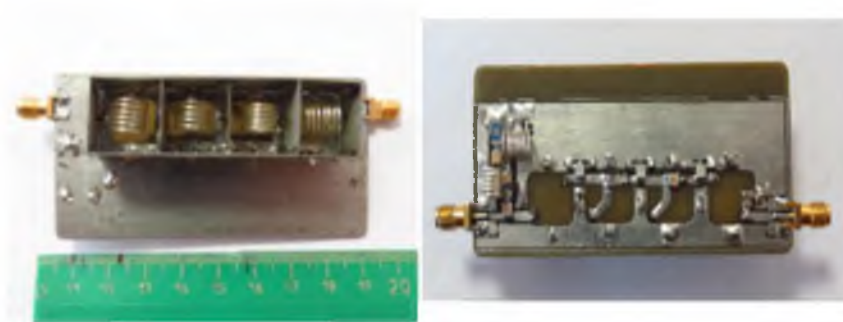


Рисунок 8 – Конструктивный вид модели диплексера фильтрового типа

Результат измерения квадрата АЧХ ФНЧ диплексера представлен на рисунке 9. АЧХ ФВЧ является зеркальным отображением АЧХ ФНЧ.

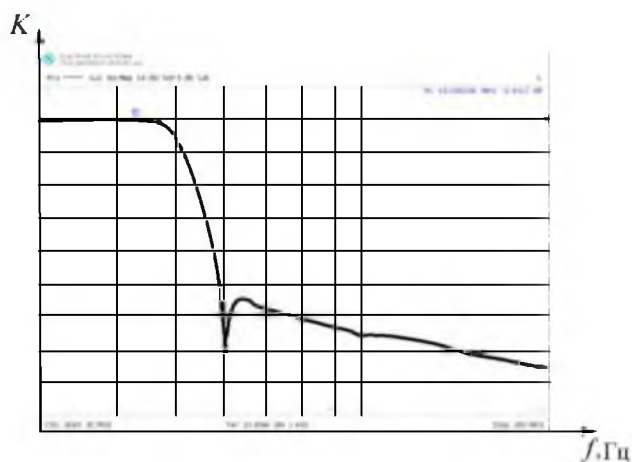


Рисунок 9 – Квадрат АЧХ ФНЧ диплексера

Разработанный диплексер внедрен при доработке изделия Р-181-УМУ в модуле фильтров КЛСИ.468844.001. Его внедрение позволило уменьшить уровень нелинейных комбинационных искажений третьего порядка на 0,5–1,5 дБ в диапазоне рабочих частот 30–512 МГц согласно измерениям по методике ГОСТ Р 51903-2002.

Вид изделия Р-181-УМУ и конструктивный вид диплексера в устройстве Р-181-УМУ представлены на рисунке 10.



Рисунок 10 – Вид изделия Р-181-УМУ

**Вывод.** В статье предложен критерий, по которому возможна реализация МФ, представленных в [5–10]. Реализация синтеза МФ по предложенному критерию позволяет формировать цепи, которые имеют ряд достоинств по сравнению с цепями, реализованными с использованием классических АФ и известными МФ. Синтезируя МФ по заданным критериям (5) и (6), можно добиться: меньшей неравномерности в полосе согласования (фильтрации), лучшей крутизны спада за пределами полосы, более высокого затухания в полосе заграждения, а также меньшего значения ошибки аппроксимации по интегральному критерию. МФ может использоваться для конструирования широкого класса полиномиальных фильтров и широкополосных согласующих цепей по заданному критерию. Полученные в статье теоретические результаты подтверждены натурным экспериментом.

#### Список литературы

1. Ланнэ, А. А. Оптимальный синтез линейных электрических цепей / А. А. Ланнэ. – М.: Связь, 1969. – 294 с.
2. Белецкий, А. Ф. Теория линейных электрических цепей / А. Ф. Белецкий. – М.: Радио и связь, 1986. – 544 с.
3. Воропаев, Ю. П. Метод компенсации реактивной составляющей при широкополосном согласовании комплексных сопротивлений с использованием среднего гармонического значения коэффициента преобразования мощности / Ю. П. Воропаев, А. Д. Васильев, И. М. Мещеряков // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. – 2007. – № 4. – С. 101–107. – (Сер. физ.-техн. наук).
4. Воропаев, Ю. П. Синтез широкополосных согласующих устройств с использованием среднего гармонического значения коэффициента преобразования мощности / Ю. П. Воропаев, А. Д. Васильев, И. М. Мещеряков // Радиотехника и электроника. – 2009. – № 7. – С. 853–863.
5. Бойкачев, П. В. Метод модификации аппроксимирующих функций для синтеза фильтров и согласующих цепей / П. В. Бойкачев, Г. А. Филиппович // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2012. – № 3(36) – С. 63–69.
6. Бойкачев, П. В. Частотно-избирательные и согласующие цепи, обладающие повышенной линейностью характеристики группового времени задержки, и методика их реализации / П. В. Бойкачев // Весці НАН Беларусі. – 2014. – № 2. – С. 110–114. – (Сер. фіз.-тэхн. навук.)
7. Бойкачев, П. В. Способ увеличения линейности фазы на этапе аппроксимации с использованием аппроксимирующих функций Чебышева / П. В. Бойкачев, Г. А. Филиппович, В. В. Кириченко // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2014. – № 1(42) – С. 39–45.
8. Бойкачев, П. В. Использование модифицированных аппроксимирующих функций для увеличения равномерности фазочастотной характеристики широкополосных согласующих устройств и фильтров // Междунар. науч. конф. НАН РБ, Минск, 19–22 нояб. 2013 г. – Минск, 2013. – С. 590–592.
9. Бойкачев, П. В. Преимущество модифицированных аппроксимирующих функций / П. В. Бойкачев // 6-я Междунар. науч.-практ. конф., ВГУ, Витебск, 27–28 сент. 2012 г. – Витебск, 2012. – С. 9–10.
10. Бойкачев, П. В. Синтез аппроксимирующих функций для произвольных комплексных нагрузок / П. В. Бойкачев, Г. А. Филиппович // XV Респ. науч. конф. студентов и аспирантов ГГУ, Гомель, 26–28 марта 2012 г. – Гомель, 2012. – С. 8–9
11. Радиостанция Р-181-50 ВУ. Инструкция по техн. обслуживанию ШИ 1.101.032 ИО.

12. Алексеев, О. В. Многоканальные частотно-разделительные устройства и их применение / О. В. Алексеев, Г. А. Грошев, Г. Г. Чавка. – М.: Радио и связь, 1981. – С. 14–26.
13. Балабанян, Н. Синтез электрических цепей / Н. Балабанян. – М., 1961.
14. Broadcasting, телевидение и радиовещание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.broadcasting.ru>. – Дата доступа: 04. 11. 2014.

---

\*Сведения об авторах:

Бойкачев Павел Валерьевич.

Филиппович Геннадий Александрович.

Белевич Владимир Федорович.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 04.11.2014 г.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ С НАРАСТАЮЩЕВОЛНОВОЙ ФУНКЦИЕЙ ПЕРЕДАЧИ

УДК 621.372.512

В. Н. Шашок, Г. А. Филиппович\*

*Рассмотрена параметрическая чувствительность фильтра-прототипа пятого порядка с нарастающеволевой функцией передачи. Приводится результат его сравнения по данному параметру с фильтром-прототипом, имеющим наиболее часто применяемую на практике равноволевою функцию передачи.*

*The parametric sensitivity of the prototype filter of fifth order with rising ripple transfer function is under consideration. The results of its comparison by this parameter with the prototype filter having more frequently used in practice equiripple transfer function are introduced.*

Важным требованием к частотно-избирательным цепям в процессе их практической реализации и эксплуатации является сохранение заданных рабочих характеристик при отклонении параметров элементов от расчетных [1]. Применяемые на практике элементы цепей стандартизированы, и их номиналы не идеально совпадают с требуемыми расчетными значениями. Кроме того, они имеют разброс параметров и подвержены в процессе эксплуатации воздействию дестабилизирующих факторов. По указанным причинам на этапе синтеза существует необходимость оценки отклонения рабочих характеристик цепей от расчетных при изменении параметров их элементов. С этой целью вводят понятие параметрической чувствительности, под которой подразумевают величину изменения некоторой характеристики цепи, которое произошло в результате отклонения одного или нескольких параметров элементов цепи от их номинальных значений [2]:

$$S_y^x = \frac{\partial y}{\partial x} \frac{x}{y}, \quad (1)$$

где верхний индекс  $y$  обозначает некоторую характеристику, в качестве которой может быть выбрана функция передачи цепи, положение ее полюсов или нулей, отдельные коэффициенты либо выбранные параметры функции передачи; нижний индекс  $x$  – параметр элемента цепи, изменение которого привело к изменению рассматриваемой характеристики.

Выберем в качестве характеристики  $y$  функцию передачи  $K(s)$  цепи, где  $s = \sigma + j\omega$  – комплексная частота, а в качестве  $x$  – параметр одного из ее элементов. Такая чувствительность будет называться чувствительностью функции передачи цепи и записываться с учетом (1) в виде

$$S_{K(s)}^x = \frac{\partial K(s)}{\partial x} \frac{x}{K(s)}. \quad (2)$$

Для комплексной функции  $K(s)$  чувствительность также будет являться комплексной и при действительной части комплексной частоты  $\sigma = 0$  выражение (2) принимает вид [2]

$$S_{K(j\omega)}^x = S_{|K(j\omega)|}^x + j \frac{\partial \arg K(j\omega)}{\partial x} \frac{x}{K(j\omega)} = S_{|K(j\omega)|}^x + j \arg K(j\omega) S_x^{\arg K(j\omega)}. \quad (3)$$

Вещественная часть выражения (3) показывает изменение амплитудно-частотной характеристики по отношению к изменению параметра элемента, а мнимая – фазочастотной.

Так как свойства частотно-избирательных цепей определяются их прототипами, то и их параметрическая чувствительность определяется чувствительностью их прототипов. На практике наиболее часто проектирование фильтров с малой параметрической чувствительностью осуществляется на основе предварительно разработанного низкочувствительного прототипа [3].

Для реализации частотно-избирательных цепей с повышенной линейностью фазочастотной характеристики в [4] предлагается использовать аппроксимирующую функцию передачи с нарастающе-волновыми свойствами:

$$K(-s^2, n, m, \varepsilon) = \frac{k^2}{1 + \varepsilon^2 (-1)^{n-m} s^{2(n-m)} T_{Cheb}^2(s, m)},$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент неравномерности функции в полосе пропускания;

$n$  – порядок синтезируемой цепи;

$T_{Cheb}(s, m) = \cos(m \arccos s)$  – полином Чебышева первого рода порядка  $m$ .

Для сравнительной оценки параметрической чувствительности цепей с нарастающе-волновой функцией передачи в качестве примера рассмотрим чувствительность фильтра-прототипа пятого порядка с функцией передачи

$$K(s, 5, 3, 0,349) = \left[ (L_1 L_2 L_3 C_1 C_2) s^5 + (L_2 L_3 C_1 C_2 + L_1 L_2 C_1 C_2) s^4 + \right. \\ \left. + (L_2 L_3 C_1 + L_1 L_3 C_1 + L_1 L_2 C_1 + L_1 L_3 C_2 + L_2 C_1 C_2) s^3 + \right. \\ \left. + (L_1 C_1 + L_1 C_2 + L_2 C_1 + L_2 C_2 + L_3 C_1 + L_3 C_2) s^2 + \right. \\ \left. + (L_1 + L_2 + L_3 + C_1 + C_2) s + 2 \right]^{-1}.$$

Схема выбранного фильтра-прототипа имеет лестничную структуру и приведена на рисунке 1, а нормированные параметры его элементов – в таблице. В таблице также указаны нормированные параметры элементов фильтра с равноволновой (по Чебышеву) функцией передачи при одинаковых неравномерностях в полосе пропускания. При этом необходимо учитывать, что нормированные значения сопротивлений источника и нагрузки  $R_{и} = R_{н} = 1$ .

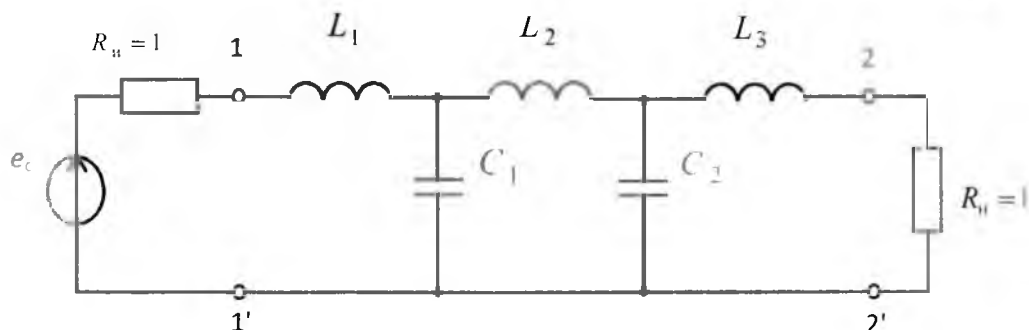


Рисунок 1 – Принципиальная схема фильтра-прототипа пятого порядка

Таблица – Нормированные параметры элементов фильтров-прототипов с нарастающе-волновой и равноволновой функциями передачи при  $n=5$ ,  $m=3$  и  $\varepsilon = 0,349$

Функция передачи	$L_1 = L_3$	$L_2$	$C_1 = C_2$
Нарастающе-волновая	0,807	1,626	1,62
Равноволновая	1,706	2,542	1,229

В качестве примера на рисунке 2 показаны амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики выбранного фильтра с нарастающе-волновой функцией передачи и изменение их вида при уменьшении номинальных значений элементов  $L_1$  или  $L_3$ .

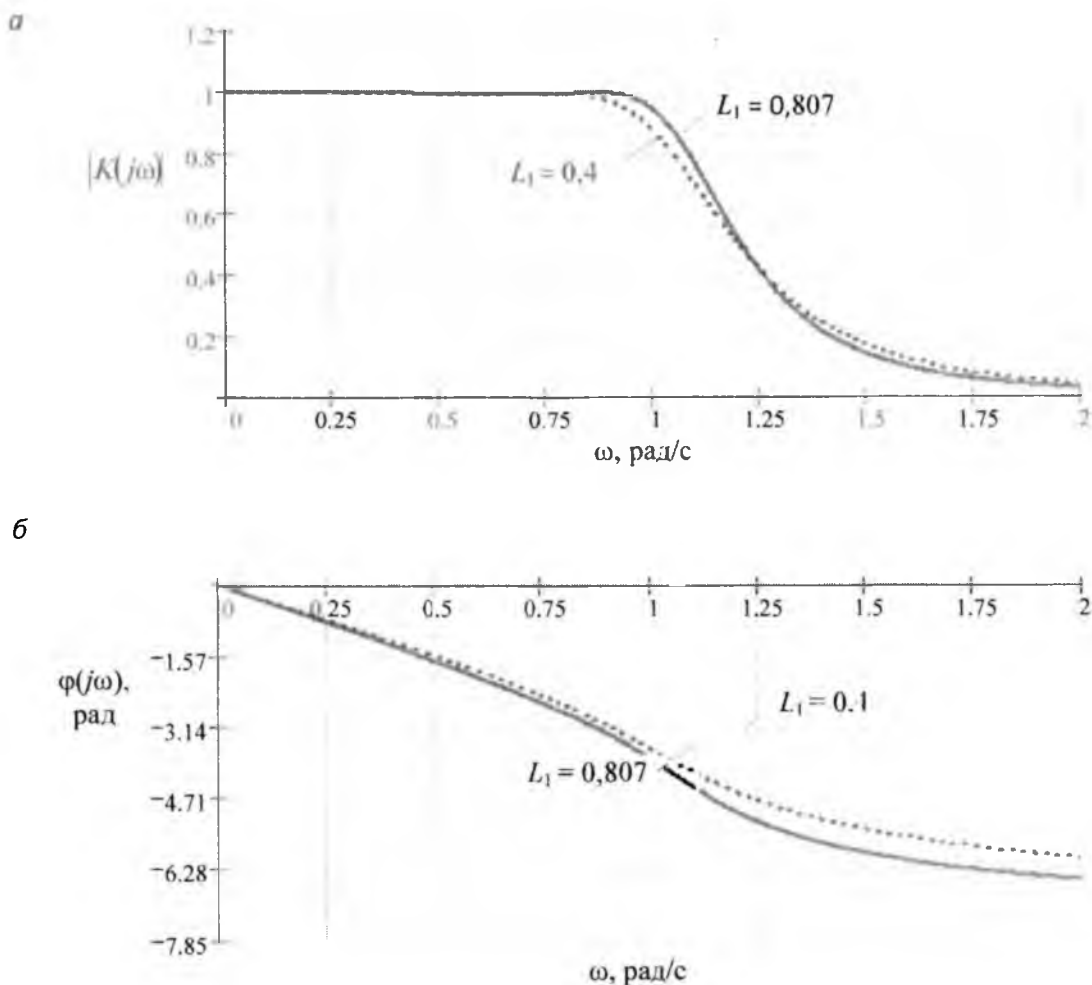


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная (а) и фазочастотная (б) характеристики фильтра-прототипа с нарастающе-волновой функцией передачи  $K(s, 5, 3, 0,349)$  при уменьшении номинальных значений элементов  $L_1$  или  $L_3$

Данным изменениям характеристик соответствуют вещественная  $\text{Re } S_{L_1, L_3}^{K(j\omega)}$  и мнимая  $\text{Im } S_{L_1, L_3}^{K(j\omega)}$  части функции чувствительности к параметрам  $L_1$  и  $L_3$  выбранного фильтра-прототипа, приведенные на рисунке 3. На рисунке также показаны функции параметрической чувствительности цепи с равноволновой функцией передачи при одинаковых условиях.

Для совместной оценки параметрической амплитудной и фазовой чувствительности применяется скалярная оценка. Такой является квадратичная чувствительность (чувствительность по Скеффлеру [5]), определяемая выражением

$$\left| S_{L_1, L_3}^{K(j\omega)} \right|^2 = S_{L_1, L_3}^{K(j\omega)} S_{L_1, L_3}^{K(j\omega)*}$$



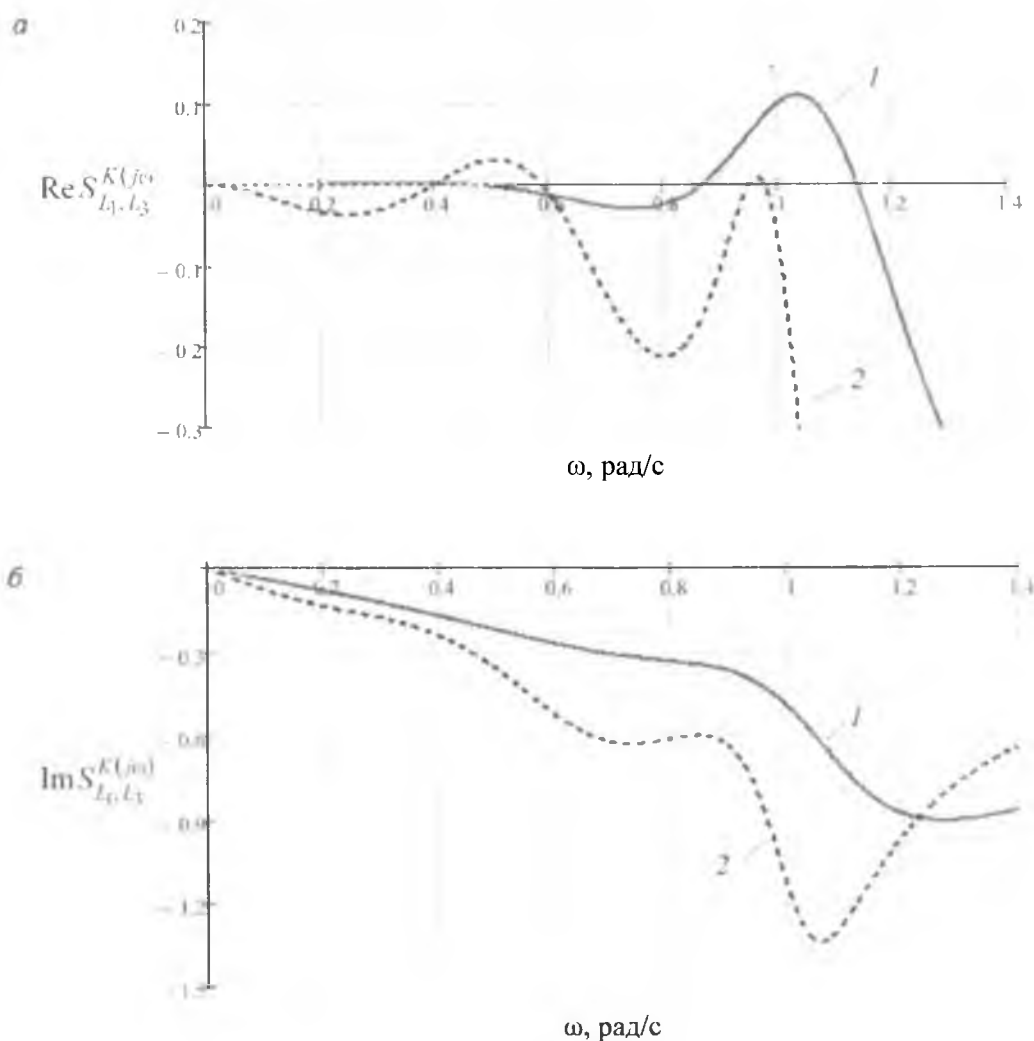


Рисунок 3 – Вещественная (а) и мнимая (б) части функции чувствительности к параметрам  $L_1$  и  $L_2$  фильтров-прототипов пятого порядка с нарастающе-волновой (1) и равноволновой (2) функциями передачи при  $n=5$ ,  $m=3$  и  $\varepsilon=0,349$

В случае когда необходимо показать зависимость чувствительности характеристики от параметров нескольких элементов, может использоваться суммарная параметрическая чувствительность. Суммарная квадратичная чувствительность для рассматриваемых фильтров пятого порядка определяется выражением

$$\sum_{j=1}^7 |S_{x_j}^{K(j\omega)}|^2,$$

где  $x_1 = R_n$ ,  $x_2 = L_1$ ,  $x_3 = C_1$ ,  $x_4 = L_2$ ,  $x_5 = C_2$ ,  $x_6 = L_3$ ,  $x_7 = R_n$ , и представлена на рисунке 4. Максимальные значения суммарной квадратичной чувствительности в полосе пропускания для фильтров пятого порядка с нарастающе-волновой и равноволновой функциями передачи составляют соответственно 10,414 и 24,756. Полученные результаты говорят о меньшей суммарной параметрической чувствительности цепи с нарастающе-волновой функцией передачи.

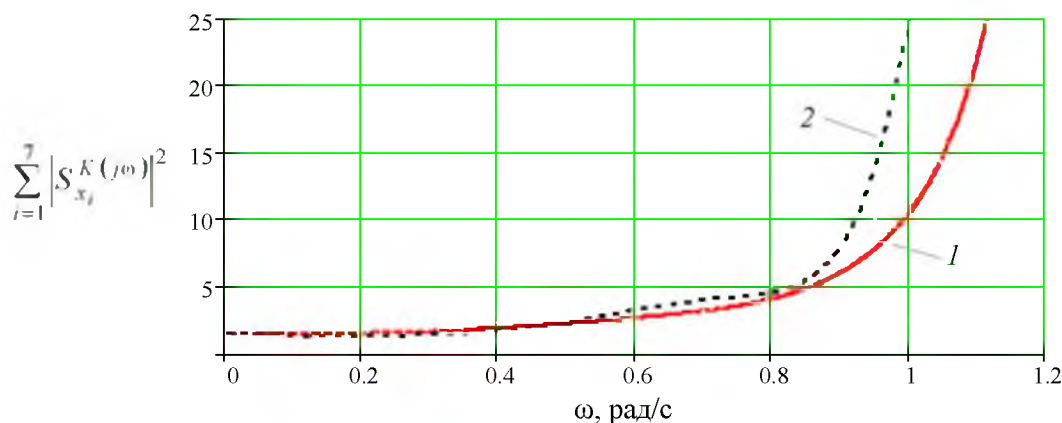


Рисунок 4 – Суммарная квадратичная чувствительность (по Скеффлеру) фильтров-прототипов с нарастающе-волновой (1) и равноволновой (2) функциями передачи при  $n = 5$ ,  $m = 3$  и  $\varepsilon = 0,349$

Таким образом, применение нарастающе-волновой функции в качестве аппроксимирующей при решении задач синтеза частотно-избирательных цепей с повышенной линейностью фазочастотной характеристики не ухудшает их параметрическую чувствительность в сравнении с наиболее часто применяемой на практике равноволновой аппроксимирующей функцией передачи.

#### Список литературы

1. Христин, В. В. Синтез активных фильтров с низкой параметрической чувствительностью [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Христин; Таганрог. гос. радиотехн. ун-т. – Таганрог, 2001. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/sintez-aktivnykh-filtrov-s-nizkoi-parametricheskoi-chuvstvitelnostyu>. – Дата доступа: 01.10.2012.
2. Хьюлсман, Л. П. Введение в теорию и расчет активных фильтров / Л. П. Хьюлсман, Ф. Е. Аллен; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1984. – 384 с.: ил.
3. Ермаков, А. В. Однородные активные RC-фильтры с низкой параметрической чувствительностью [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. В. Ермаков; Москов. энергет. ин-т (техн. ун-т). – М., 2006. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/odnorodnye-aktivnye-rc-filtry-s-nizkoi-parametricheskoi-chuvstvitelnostyu>. – Дата доступа: 01.10.2012.
4. Филиппович, Г. А. Электрические фильтры с нарастающе-волновыми функциями передачи / Г. А. Филиппович, В. Н. Шашок // Физика и техн. приложения волновых процессов: материалы докл. IX Междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. В. И. Тамбовцева. – Челябинск: Изд-во Челяб. ун-та, 2010. – С. 73.
5. Allen, P. E. Slew Induced Distortion in Operational Amplifiers / P. E. Allen // IEEE J. – 1977. – Vol. SC-12, № 1, Febr. – P. 39–44.

\*Сведения об авторах:

Шашок Виктор Николаевич.

Филиппович Геннадий Александрович.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 06.11.2014 г.

## 5. ПРОБЛЕМЫ ВОЕННОЙ ПЕДАГОГИКИ, ВОИНСКОГО ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ

---

### СИСТЕМА ПОДБОРА И ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССОРСКО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОСТАВА В ВЫСШЕЙ ВОЕННОЙ ШКОЛЕ ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ

УДК 378

А. В. Гламазда\*

*В статье в контексте современных требований к совершенствованию высшей военной школы рассматриваются система и порядок подготовки педагогических кадров военных академий и училищ Российской империи. Делается вывод о целесообразности использования незаслуженно забытого передового опыта в современных условиях.*

*In article in a context of modern requirements to perfection of the supreme military school the system and the order of preparation of the pedagogical staff of military academies and schools of Russian empire is considered. It is judged expediency of use of unduly forgotten best practices in modern conditions.*

В последние годы приоритеты в структуре необходимых профессиональных качеств преподавателей высшей военной школы перемещались от универсализма и энциклопедизма к лекторскому мастерству, ораторскому искусству, к профессионально-педагогической культуре как обобщенной характеристике и признаку высокой квалификации. В современных условиях совершенствование профессионально-педагогического мастерства военного преподавателя выступает одновременно и императивным требованием трансформирующегося общества и военной сферы, и субъективной потребностью стремящегося к самореализации военного преподавателя.

Состояние профессиональной подготовки преподавательского состава военных вузов настоятельно требует новых подходов к повышению его педагогического мастерства. Очевидно, что в военных учебных заведениях назрел переход от эпизодических «мобилизующих» воздействий на деятельность преподавателей в направлении повышения их научного и методического уровня к постоянной, планомерной, организованной, непрерывной учебе в соответствии с требованиями развивающегося общества, основанного на знаниях.

Новые подходы не означают необходимости изобретать никогда и никем не испробованное. Нередко решение проблемы можно найти в хорошо зарекомендовавших себя, но незаслуженно забытых формах и методах работы. Подтверждение тому – богатый опыт отечественной военной школы, практика подготовки военно-педагогических кадров в зарубежных государствах. Только хорошо изучив прошлое, можно делать выводы о причинах существующего положения и принимать меры по оптимизации и повышению эффективности подготовки преподавателей военных учебных заведений.

Система подготовки офицерских, в том числе преподавательских, кадров сложилась в Российской империи в начале XIX в. Во второй его половине эта система приняла полностью законченную форму. Сформировался высококвалифицированный состав вузовских преподавателей, причем престиж профессора в высших военных заведениях России того времени был столь высок, что лучшие таланты страны состязались за право замещения появившихся вакантных должностей.

Преподавать в высшем учебном заведении России мог только научно подготовленный специалист, получивший определенную степень и звание. В зависимости от способности решать различные по содержанию и сложности задачи профессорско-преподавательский состав высшей военной школы делился на категории. Наиболее типичным во всех академиях было деление на профессоров, адъюнктов-профессоров, преподавателей, репетиторов; кроме

того, в некоторых академиях имелись специфические категории помощников преподавателей.

Главной фигурой учебно-воспитательного процесса академий являлись профессора. В их обязанности входило чтение лекций как в академии, так и в публичных аудиториях. Кроме того, они руководили практическими занятиями слушателей, принимали экзамены и зачеты, участвовали в работе приемных и выпускных комиссий, в составлении различных руководящих документов. Важнейшей обязанностью профессорского состава являлось развитие и совершенствование наук.

Вторую ступеньку в иерархии преподавательского состава высшей военной школы занимали адъюнкт-профессора. Они являлись помощниками профессоров и в случае отсутствия последних должны были исполнять их обязанности. Преподаватели, а также младшая категория преподавателей – репетиторы имели задачу руководить всеми видами практических (в том числе полевых) занятий, проводить консультации, «репетиции» слушателей к экзаменам, а также помогали профессорам в подготовке и проведении сложных видов занятий.

Подобное четкое разграничение обязанностей различных категорий профессорско-преподавательского состава с исключительным правом чтения учебных лекций только профессорами является похвальным и достойным подражания в наше время. Практика показывает, что в современной высшей военной школе звание «профессор» зачастую принижено: чтение лекций в курсантских аудиториях нередко поручают молодым, недостаточно опытным преподавателям, а практические и семинарские занятия проводят опытные преподаватели. Безусловно, эта практика негативно сказывается на качестве проводимых занятий и соответственно на уровне подготовки обучающихся.

Установленная в России система ученых степеней и званий в целом соответствовала принятой в других европейских странах, отличаясь значительно более строгим и последовательным порядком их присуждения, а также более высокими требованиями к соискателям. В России зарубежные ученые степени оценивались на ступень ниже, чем отечественные: степени бакалавра и лиценциата более соответствовали русскому кандидату, а докторант – магистерству. Поэтому тот, кто возвращался из-за рубежа доктором, получал в России после дополнительных испытаний степень магистра.

С 1820 г. было установлено, что лица, желающие заместить должность профессора или адъюнкт-профессора, обязаны иметь ученую степень доктора или магистра [1].

О серьезности государственного подхода к комплектованию профессорско-преподавательского состава военных академий свидетельствовал и порядок его подбора в вузы. Армейские условия, естественно, не позволяли в полной мере ввести выборность профессоров, наряду с избранием использовалось и прямое их назначение. Но при этом начальникам военных учебных заведений предоставлялась полная свобода в выборе наиболее достойных квалифицированных специалистов. Эта практика закрепилась и получила свое развитие в зарубежных военных учебных заведениях: не только руководство вуза, но и кафедры могут на определенный срок приглашать ведущих специалистов в своей отрасли.

Преподаватели из числа военнослужащих, как правило, назначались в вуз, а приглашенные со стороны специалисты избирались. Удельный вес назначаемого и приглашенного преподавательского состава для каждого военного учебного заведения устанавливался по-своему, в зависимости от его специфики.

Профессора всех военных академий России утверждались в должности лично императором. Это поднимало авторитет профессора, делало его относительно независимым от вузовских чиновников, позволяло строить преподаваемый курс индивидуально, самостоятельно, творчески, наиболее целесообразно.

Анализ категорий профессорско-преподавательского состава, порядка его подбора и утверждения в академиях свидетельствует о продуманности и взвешенности решений правительства, направленности на высокое качество учебного процесса. Этим же целям

служила система подготовки профессорско-преподавательского состава высшей военной школы.

Система подготовки кадров была достаточно эффективной, рассчитанной на поиск талантов и их индивидуальное самосовершенствование. Начало этой системе было положено утверждением в 1836 г. Положения о службе по учебной части при военных учебных заведениях. Отныне все категории профессорско-преподавательского состава вузов должны были постоянно повышать свои знания, периодически подвергаясь испытаниям на профессиональную пригодность. Через семнадцать лет на основе накопленного опыта было принято Положение об испытании преподавателей и репетиторов военных учебных заведений. Этот документ почти без изменений действовал до начала XX в.

Согласно Положению, в России утверждался особый прогрессивный порядок отбора профессорско-преподавательского состава в высшие военные учебные заведения. При этом повышенное внимание обращалось на низшую категорию преподавателей – репетиторов.

Кандидату на занятие этой должности необходимо было преодолеть продуманные противодействия, позволяющие определить уровень его квалификации. Высокие требования, предъявляемые к офицерам, избравшим педагогическую профессию, были тем противодействием, которое не позволяло занять ответственную должность людям случайным, не соответствующим высокому предназначению, и в то же время позволяло подобрать наиболее достойных, способных соответствовать высшим образцам избранной профессии.

С учетом того, что репетиторы – это младшие преподаватели, призванные содействовать преподающим в академии в руководстве обучающимися офицерами при проведении как классных, так и полевых практических занятий, в проведении репетиций и экзаменов, в проверке задач и работ офицеров, составлении учебных записок, документ содержал серьезные требования к их педагогическим навыкам и практике. Прежде всего, в число репетиторов могли отбираться лишь те офицеры, которые с отличием окончили данную академию. В порядке исключения репетитором мог стать выпускник другой академии. Но он должен был продемонстрировать склонность к преподавательской работе и иметь научные труды по преподаваемым предметам.

Срок пребывания офицера в должности репетитора устанавливался в два года. За это время младший преподаватель должен был подготовиться к исполнению обязанностей преподавателя и активно проявить себя в учебно-воспитательном процессе. Степень готовности репетитора быть преподавателем определялась качеством сдачи специального экзамена.

Кроме собеседования с начальником академии, репетитор подвергался испытанию на пригодность к преподавательской деятельности и со стороны конференции. При этом испытуемому ставилась задача написать сочинение на одну из предложенных тем по учебной программе вуза. Кроме того, репетитор читал перед коллегами по кафедре пробные лекции по курсу.

При условии положительного отзыва конференции о репетиторе документы на него отправлялись в Главный штаб, где принималось решение о допуске молодого педагога к чтению лекций во всех военных учебных заведениях России. В случае неудовлетворительной оценки на испытаниях офицер отчислялся с должности репетитора и направлялся на службу в войска.

Подготовка профессорско-преподавательского состава в России через репетиторство, при всех ее очевидных преимуществах, не являлась основной в рассматриваемый период. Дело в том, что система репетиторства постоянно действовала лишь в двух академиях: инженерной и артиллерийской. В других академиях она практиковалась эпизодически. В этих условиях основное внимание обращалось на отбор из войск наиболее одаренных офицеров и зачисление их в вузы адъюнкт-профессорами.

Согласно упоминавшемуся Положению об испытании учителей и репетиторов военных учебных заведений (1853 г.), почти весь профессорско-преподавательский состав академии должен был подвергаться предварительным испытаниям в течение особого испытательного срока. Применялась та же система противодействия, но с определенной спецификой, вызванной изменениями ситуации. Без испытания, но при условии одобрения конференцией и возможном чтении пробных лекций допускались к занятиям лишь крупные ученые-специалисты данной области знаний. Кроме того, в Академии Генерального штаба освобождались от экзамена наиболее одаренные ее выпускники.

В течение испытательного срока преподаватели становились адъюнкт-профессорами и должны были за восемь месяцев со дня утверждения темы подготовить специальные диссертации, показывающие уровень компетенции и степень соответствия кандидата избранной должности, его способность преодолевать профессиональное противодействие.

Руководящими документами предусматривалось, что диссертация после соответствующего ее оформления представляется начальнику академии и предлагается им для обсуждения конференцией, которая поручает предварительное ее рассмотрение особой комиссии из преподавателей. Каждый из членов комиссии, рассматривающей диссертацию, был обязан к назначенному сроку представить о ней письменное заключение. Комиссия определяла, может ли диссертация быть допущена к защите, целесообразность ее печати или литографирования в академии для раздачи всем членам конференции и лицам, которые будут приглашены на защиту [3]. По итогам защиты диссертации конференция академии определяла, может ли претендент на звание профессора быть допущенным к преподаванию того или иного предмета. При необходимости ему назначалась еще и пробная лекция, на подготовку которой отводилось две недели. Тема для нее давалась руководством академии по одному из вопросов курса. Только после чтения пробной лекции конференция выносила окончательное решение.

Анализ системы и порядка подготовки профессорского состава высшей военной школы России позволяет заключить, что практически все составляющие существующей ныне системы подготовки кандидатов и докторов наук (кандидатские экзамены, утверждение темы, разработка и защита диссертации и др.) были апробированы еще во второй половине XIX в. Более того, существующий сегодня порядок защиты диссертаций оказывается чрезмерно формализованным и упрощенным, а о размножении диссертационного труда согласно количеству членов ученого совета можно только мечтать. Ныне, спустя более 100 лет, члены специализированных советов фактически формально присутствуют на защите, так как диссертация печатается за счет авторов всего лишь в количестве четырех экземпляров.

Анализ действовавшего во второй половине XIX в. порядка и системы подготовки профессорско-преподавательского состава высшей военной школы России позволяет также сделать вывод о том, что утверждения некоторых современных авторов об отрицательном воздействии отсутствия специальных военно-педагогических вузов являются формальными и явно преувеличенными. Существовавший в России конкурсный отбор преподавателей военных и общеобразовательных дисциплин, четко налаженный процесс их профессионального роста от репетитора до профессора имел прогрессивное значение для развития высшей школы государства в целом, так как позволял отобрать наиболее способных к военно-педагогической деятельности лиц. Многие положительные черты этого опыта вполне применимы в современных условиях.

Отбор кандидатов на должности преподавателей в военные училища существенно отличался от системы отбора в военные академии. Так, в военные и юнкерские училища к преподаванию допускались офицеры и гражданские лица: а) без всяких испытаний; б) на основании пробных лекций без экзаменов; в) на основании экзаменов и пробных лекций.

К преподаванию в военных училищах без всяких экзаменов допускались: а) профессора, адъюнкты и преподаватели всех военных академий; б) лица, известные своими научными трудами, в случае если они намеревались преподавать науку, составляющую предмет их специальных знаний. В систему военных учебных заведений привлекались

университетские профессора и преподаватели, которые зачислялись в штат военного училища или совмещали свою основную работу с деятельностью в вузе. На основании одной пробной лекции без экзаменов допускались офицеры, окончившие Николаевскую академию Генерального штаба, Михайловскую артиллерийскую и Николаевскую инженерную академии. Все остальные лица допускались к преподаванию на основании экзаменов и пробных лекций.

Испытание как экзаменом, так и пробной лекцией проводилось особыми комиссиями, назначенными начальником вуза. Для каждого кандидата на экзамен выносилось определенное количество предметов, знание которых было обязательным для желающих преподавать ту или иную дисциплину. Для получения темы пробной лекции испытуемый должен был иметь удовлетворительную оценку по всем предметам. Для составления пробной лекции испытуемому предлагалось несколько тем на выбор, но обязательно по тому предмету, к чтению которого он готовился. На подготовку к чтению пробной лекции давалось три месяца. Окончательное решение по каждому испытуемому принималось большинством голосов членов комиссии.

Кроме преподавателей, тщательно отбирались офицеры-воспитатели для военных училищ. Процедура этого отбора была следующей. Офицер, желающий служить в военном училище, должен был иметь выслугу не менее 5 лет офицерской службы, из которых непосредственно перед назначением не менее 2 лет в строю. Помимо этого, он должен представить отличную аттестацию за последние 2 аттестационных периода, обладать необходимыми умственными и служебными качествами и соответствующими чертами характера.

Удовлетворявшие этим требованиям офицеры после отбора в дивизии (начальник дивизии нес персональную ответственность за рекомендуемого офицера) зачислялись Главным управлением военного образования (именно это управление занималось подбором педагогических кадров, а не Главное управление кадров, как это практикуется сейчас) в особые кандидатские списки, предлагавшиеся затем начальникам военных училищ для выбора к замещению вакантных должностей.

Избранные начальником училища кандидаты прикомандировывались (именно прикомандировывались, а не зачислялись, как происходит в современных условиях, без доказательства своей профессиональной состоятельности) к училищу на испытание в течение 2 лет, числясь на этот срок во временной командировке от своих частей.

При такой системе комплектования неопытный или не знающий свое дело офицер не мог попасть в училища, туда шли лучшие. Военные педагоги и воспитатели имели ряд льгот, по сравнению с войсковыми офицерами, что способствовало престижности их службы, повышало ответственность за качество и результаты своего труда и одновременно являлось мощным стимулом к развитию профессиональных качеств. Льготы были таковы: офицер при зачислении в училище получал единовременное пособие, ему предоставлялась меблированная квартира. Он получал жалование на ступень выше, при исчислении срока службы для оформления документов на пенсию каждые 5 лет службы в училище засчитывались за 7 лет. Кроме того, офицеру предоставлялось право учить своих детей за счет казны.

Анализ системы подготовки профессорско-преподавательского состава в дореволюционной России наглядно показывает, что создатели этой системы целенаправленно противодействовали возможности занять должности преподавателей военного учебного заведения некомпетентным специалистам. Претенденту на преподавательское место задавали определенный уровень сложности, который он должен был преодолеть. Здесь противодействие выступает средством, полностью подчиненным более высокой цели – помощи, поддержке, развитию на пути профессионального становления преподавателя и качественной подготовке будущих офицеров.

Практика профессионального становления преподавателей военных учебных заведений свидетельствует, что противодействие подготовке специалиста так же неизбежно

и необходимо, как неизбежно и необходимо существование института профессионального становления. Это объясняется общими законами управления любой системой, в соответствии с которыми становление без противодействия невозможно. Тотальное доминирование положительных обратных связей ведет к быстрому саморазрушению системы из-за цепных реакций, вызывающих лавинообразное разрастание любого процесса. Только преодолев определенный уровень профессиональной сложности, можно претендовать на успешное выполнение служебных обязанностей. Это доказано многими профессиями (спорт, медицина, искусство, многие рабочие профессии). Но начиная с советских времен, это не касается в нашей стране управления и военного образования.

Архивные документы свидетельствуют о том, что в России второй половины XIX – начала XX в. многие опытные военные педагоги одновременно вели занятия в нескольких академиях. При этом они официально считались в одной академии штатными преподавателями, а в других – прикомандированными для чтения определенного курса либо приглашенными для ведения определенных занятий. Эта незаслуженно забытая сегодня форма работы с преподавателями академий позволяла концентрировать в каждом вузе лучшие профессорско-преподавательские кадры; не гоняясь за количеством педагогов, объединять вокруг военно-учебных заведений оптимальное число выдающихся ученых с мировым именем. В свою очередь, это позволяло немедленно распространять достижения педагогического мастерства на одной кафедре отдельно взятой академии на всю систему высших военных учебных заведений страны.

Обращает на себя внимание и тот факт, что преподаватели ведущих академий имели тесную практическую связь с войсками, организацией службы и бытовым устройством соединений и частей. Для того чтобы профессора военных кафедр (военной истории, военной администрации и военной статистики) не отрывались от жизни армии, им было определено время преподавания в академии не более 10 лет. После этого они переводились в войска, где назначались на должности командиров полков или начальников войсковых штабов сроком не менее пяти лет. По окончании этого срока они снова могли вернуться в академию на преподавательскую работу. Эту практику целесообразно использовать и в настоящее время.

Важнейшей составляющей правительственной политики дореволюционной России в отношении профессорско-преподавательского состава военных учебных заведений в исследуемый период являлась система материального и морального поощрения труда.

С конца 70-х гг. XIX в. правительство России достаточно высоко оплачивало труд военных педагогов. Этот же подход был характерен и при определении размера пенсий профессорско-преподавательского состава. Согласно пенсионному положению, преподаватели, вышедшие в отставку с 10–20 годами педагогического стажа, получали пенсию в размере трети оклада денежного содержания; с 21–25 годам – двух третей, а со стажем, превышающим 25 лет, – полного преподавательского оклада.

В целях закрепления за вузами наиболее ценных педагогических кадров приказом военного министра разрешалось распоряжением начальников академий через утверждение конференции оставлять при военно-учебном заведении профессоров и преподавателей с 25-летней выслугой еще на 5 лет. Имелась специальная оговорка, допускавшая возможность повторного избрания конференцией профессоров, если их общий стаж военной службы не достигал еще 35 лет. Правда, такое избрание должно было утверждаться военным министром России.

В тесной связи с денежной оплатой находилась система морального поощрения профессорско-преподавательского состава. Лучшие из педагогов высшей военной школы получали почетные титулы и звания, которые сопровождались определенными денежными выплатами.

Существенной денежной прибавки к жалованию заслуженные профессора не получали: после 25 лет педагогического стажа им полагалось дополнительно всего 20 % надбавки к окладу. В то же время заслуженные профессора могли при желании пожизненно



оставаться членами конференции академии, участвовать в приеме экзаменов и вести некоторые практические и теоретические занятия.

На рубеже XIX–XX вв. русская высшая военная школа пополнилась и таким отрядом почетных педагогов, как академики. Постановлением правительства военным академиям предоставлялось право избирать в члены академии выдающихся ученых как русских, так и зарубежных. В постановлении подчеркивалось, что звание академика есть звание почетное, с которым не соединяются никакие особые обязанности и служебные права. Они могли приглашаться на заседания конференции и на экзамены по усмотрению начальника академии. Число членов академии для вузов точно не определялось и зависело от типа военного учебного заведения. Денежное содержание данному типу почетных ученых устанавливалось незначительное.

В целом можно сделать вывод, что система работы с профессорско-преподавательскими кадрами высшей военной школы в дореволюционной России была достаточно эффективной. Она позволяла привлечь в число педагогов цвет интеллигенции страны. Система подбора, подготовки и расстановки профессорско-преподавательских кадров была продумана досконально и являлась одной из лучших в мире. Она оказала прогрессивное влияние на развитие высшей военной школы государства, так как позволяла отобрать наиболее способных к военно-педагогической деятельности лиц, содействовала повышению престижа преподавательского труда.

Мы живем в XXI в. Но проблемы подбора и подготовки профессорско-преподавательских кадров высшей военной школы актуальны и сегодня. Необходимо, чтобы современные военные педагоги знали историю становления своей профессии и гордились ею. Для этого в системе повышения квалификации профессорско-преподавательских кадров военной академии целесообразно спланировать и проводить несколько занятий по данной проблематике.

Кроме того, с военными руководителями, непосредственно занимающимися управлением военным образованием в нашей стране в системе профессионально-должностной подготовки, необходимо также спланировать занятия по изучению системы подбора и подготовки профессорско-педагогических кадров высшей квалификации в дореволюционной России.

#### Список литературы

1. Высшее образование в России: очерки истории до 1917 года / под ред. В. Г. Кинелева. – М.: НИИВО, 1995. – 352 с.
2. Каменев, А. М. История подготовки военных кадров в России / А. М. Каменев. – М.: ВПА им. Ленина, 1990. – 195 с.
3. Россия. Законы и постановления. Свод военных постановлений 1869 года. Военные заведения. Заведения военно-учебные. Кн. 15: (По 1 января 1896 г.) / Россия. Законы и постановления. – СПб.: Тип. Второго Отделения Собственной Е. И. В. Канцелярии, 1896. – 428, XI, [6] с.
4. Желтобрюх, С. П. Профессионально-педагогическая подготовка преподавателей военно-учебного заведения: моногр. / С. П. Желтобрюх. – Ярославль: Изд-во ЯФВФЭУ, 2002. – 348 с.

\*Сведения об авторе:

Гламазда Александр Васильевич,

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 03.09.2014 г.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В ВОЕННОМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

УДК 355.13

В. М. Гурин\*

*В статье раскрывается сущность, направленность, основные черты проблемного обучения. Анализируется деятельность преподавателей, курсантов, слушателей при разработке и решении проблемных задач. Рассмотрены методы, приемы, средства проблемного обучения.*

*The article deals with the nature and main characteristics of problem education. The author analyzes the activities of teachers, cadets and commissioned military students during elaborating and solving problem tasks. Methods, techniques and means of problem education are considered by the author.*

Теоретическая и практическая подготовка выпускников военно-учебных заведений свидетельствует о необходимости совершенствования образовательного процесса с курсантами, слушателями. Современная высшая военная школа призвана готовить офицеров профессионально компетентных, с развитыми организаторскими способностями, интеллектуально-творческим потенциалом, умеющих решать инновационные задачи. Успех в решении многоплановых задач при подготовке офицерских кадров требует реализации новых подходов к образовательным технологиям, направленных на достижение конкретных результатов в соответствии с образовательным стандартом.

Историко-педагогический анализ и результаты изучения психологической, педагогической, методической литературы, а также педагогического опыта преподавателей в настоящее время показывают, что важнейшим направлением совершенствования образовательного процесса является активное, целеустремленное применение проблемного обучения, основанного на концепции развивающего обучения и направленного на организацию активной познавательной деятельности обучающихся, развитие у них учебной мотивации, стремления к самостоятельному добыванию знаний.

Достижение нового качественного уровня познавательной деятельности курсантов, слушателей в ходе учебного процесса, развитие у них «умений учиться» предполагает реализацию на практике технологии проблемного обучения. При этом автор выражает согласие с высказанным взглядом белорусских ученых: «Право на существование имеет лишь технология обучения как системный подход определения, создания, реализации и взаимодействия процессов преподавания и учения в целях оптимизации форм образования» [7].

Следует признать, что данный подход в обучении, воспитании, развитии обучающихся имеет достаточно богатую историю. В прошлом с проблемным обучением связаны такие имена как Сократ, Я. А. Коменский, Ф. Дистервег, К. Д. Ушинский. И сегодня нередко произносятся слова: «Плохой учитель преподносит истину, хороший – учит ее находить...».

Этот подход получил определенную разработку, реализацию и в высшей военной школе [1, 4].

В педагогической теории проблемное обучение рассматривается как дидактическая система, основанная на закономерностях творческого усвоения знаний и способов деятельности обучающихся по решению учебных проблем. Психологами доказано, что активное мышление человека – это разрешение новых проблем, когда у него обнаруживается недостаточность прежних знаний, умений. «Мышление всегда начинается с проблемы или вопроса, с удивления или недоумения, с противоречия. Этой проблемной ситуацией определяется вовлечение личности в мыслительный процесс; он всегда направлен на разрешение какой-то задачи» [8].

Учиться мыслить – значит учиться разрешать проблемы, противоречия между наличными знаниями и усвоением новой учебной информации.

Важнейшими понятиями, которыми преподаватели оперируют в ходе организации активной познавательной деятельности, являются: учебная проблема, проблемная задача, проблемное задание, проблемный вопрос, проблемная ситуация (рисунок).



Рисунок – Проблемность в обучении курсантов, слушателей

Проблемность может быть реализована при проведении всех видов учебных занятий: лекций, семинарских, практических, лабораторных, контрольных занятий, управляемых, контролируемых самостоятельных работ, а также при разработке дипломных, курсовых работ, в процессе самообразования, войсковых стажировок.

Так, проблемный характер лекции достигается: посредством постановки основной учебной проблемы; раскрытием проблем науки, методов исследования; обращением к аудитории с теоретическими вопросами; конкретными (частными) проблемными вопросами; привлечением слушателей к поисковой мыслительной деятельности; раскрытием содержания проблемы не в полном объеме; заострением внимания обучающихся на реально существующих противоречиях; привлечением их к высказываниям прогнозов.

Преподаватели в ходе проблемных лекций для активизации познавательной деятельности слушателей раскрывают пути разрешения концепций, теорий, взглядов в конкретной науке, анализируют применение методов научных исследований, объясняют взаимосвязи теории и решения практических задач, вопросов, демонстрируют способы разрешения учебных проблем, организуют поиски решения учебных проблем, связанных с профессиональной деятельностью.

Проблемный подход в ходе лекционного изложения учебного материала ведет к изменению мыслительной деятельности слушателей. Они участвуют в анализе фактов, событий, явлений, выдвигают предположительные решения, усваивают приемы синтеза, конкретизации, систематизации, овладевают способами решения учебных проблем, отвечают на вопросы преподавателя, проверяют знания, убеждаются в истинности учебной информации. «Ясная, четкая, умная, богатая мыслями лекция гораздо сильнее учебника возбуждает интерес к знаниям и любовь к науке. Если лекция – плод мышления преподавателя, то она побуждает студента мыслить, дает возможность разрешать наиболее проблемные и узловые вопросы конкретной науки» [6].

Применение проблемного обучения с курсантами, слушателями, как свидетельствует педагогический опыт обучающихся, существенно зависит от учебной деятельности преподавателей, их умений применять методы, приемы активизации познавательной деятельности обучающихся.

Решение задач по глубокому изучению и усвоению учебного материала обучающимися, развитию у них научного мышления, умений аргументированно излагать и отстаивать свои выводы, мнения наиболее успешно достигается в ходе подготовки и проведения семинарских занятий. В процессе их проведения проблемность может быть реализована более полно.

Достижение учебно-познавательных задач в ходе этих занятий становится возможным, если преподаватели применяют различные виды семинаров, а именно круглые столы, учебные дискуссии, исследования, диспуты. В процессе их проведения познавательная активность участников повышается, осуществляется коллективный поиск разрешения учебных проблем, совершенствуются профессиональные навыки.

Безусловно, результативность семинарских занятий зависит от умения педагогов выносить на обсуждение проблемные задания, планировать применение методических приемов повышения мыслительной активности курсантов, слушателей, достигать речевого взаимодействия, реализовать подходы от «теории к практике», от «практики к теории».

Так, при обсуждении содержания военно-педагогического процесса в вузе, воинской части в ходе семинарских занятий преподаватель конкретизировал учебную проблему постановкой следующих задач: 1. Какова специфика, особенности процессов обучения, развития, психологической подготовки, воспитания военнослужащих различных специальностей? 2. Какова направленность деятельности офицеров подразделений по организации, ведению этих процессов при выполнении конкретных учебно-боевых задач?

В целях активного обсуждения проблем, глубокого усвоения содержания, а также проверки знаний обучающихся педагог предложил ответить на контрольный вопрос: «Сравните, обоснуйте специфику процессов обучения, воспитания, развития военнослужащих по содержанию, направленности, времени, методам, формам их планирования, решения».

Результативность семинарских занятий во многом зависит от того, как сформулированы вопросы. Они должны носить продуктивно-познавательный характер, а значит, активизировать мыслительную деятельность курсантов, слушателей. Правильная формулировка вопросов, организация поиска ответов на них есть признак педагогического мастерства преподавателя.

Безусловно, вопросы должны органически вытекать «из содержания учебного материала, отражать существенные связи изучаемой проблемы, заключать в себе противоречивые тенденции, учитывать особенности обучаемых, их интересы и законы,

вызывать активный самостоятельный поиск истины» [2]. Однако нередко контрольные вопросы начинаются словами: «назовите компоненты, задачи, этапы, трудности, свойства, качества; дайте определение; перечислите основные требования документов». Ответы на такие вопросы, как правило, носят обращение к памяти личности, Интернету. Организовать же диалог в учебном процессе становится проблемой, поскольку нарушается «технологическая цепочка»: готовность к поиску обоснованных решений, выяснение отношения к учебной проблеме, обмен мнений между участниками диалога.

В системе организации учебной деятельности существенное значение имеет контроль усвоенных знаний, умений обучающихся. Контроль в процессе обучения выполняет взаимосвязанные образовательную, воспитательную, развивающую функции. В качестве средств контроля в ходе проблемного обучения применяются и тестовые задания.

Педагогический тест – система заданий специфической формы и определенного содержания. Тестовые задания выражаются в различных формах. В современной педагогической практике их формы носят закрытый характер (на выбор), открытый (внести ключевое слово), на соответствие (сопоставление), на установление правильной последовательности.

Так, слушателям командно-штабного факультета Военной академии после изучения военной дидактики в целях проверки знаний предложены следующие тестовые вопросы:

1. Назовите категории, понятия педагогики высшей военной школы.
2. Какое из названных понятий является самым широким по содержанию?
  - а) учение;
  - б) научение;
  - в) учебная деятельность;
  - г) обучение.
3. Назовите правильный ответ. Педагогика – это:
  - а) искусство обучать и воспитывать;
  - б) методическая система обучения и воспитания;
  - в) наука;
  - г) система дидактических принципов;
  - д) дидактический подход.
4. Поведение воинов в боевой обстановке, по взглядам генерала М. И. Драгомирова, определяется:
  - а) самопожертвованием;
  - б) самосохранением и самоотвержением;
  - в) целостным процессом обучения и воспитания воинов.
5. К какому методу педагогического исследования относится педагогический эксперимент?
  - а) организации исследования;
  - б) обработки данных;
  - в) сбора данных;
  - г) оценки данных.
6. Методы обучения в высшей военной школе должны соответствовать (дополните):
  - а) дидактическим целям;
  - б) интеллекту обучающихся;
  - в) содержанию учебного материала;
  - г)
7. Постройте иерархию понятий: обучение, развитие, воспитание, самообразование, образовательный процесс.
8. Методика преподавания и учения есть:
  - а) отрасль педагогической науки;
  - б) частная дидактика;
  - в) алгоритм;
  - г) совокупность методов, приемов.
9. Высшее военное образование должно носить:

- а) исследовательский характер;
- б) прогностическую направленность;
- в) в основном опережающий характер;
- г) правильный ответ не указан.

10. Инновационное образование в вузе предполагает:

- а) внедрение инновационных педагогических технологий;
- б) организацию образовательного процесса;
- в) реализацию образовательных стандартов;
- г) правильный ответ не указан.

Практика применения педагогических тестов способствует развитию творческих умений слушателей, курсантов, их познавательной самостоятельности, мотивационной потребности, применению теоретических знаний для решения практических задач.

Решение этих задач становится возможным потому, что педагогические тесты при качественной их подготовке имеют определенные преимущества, а именно позволяют повысить объективность контроля знаний обучающихся, их мыслительных способностей, проявления активной поисковой познавательной деятельности.

В ходе контроля знаний обучающихся с применением педагогических тестов достигается также экономия учебного времени, участие в ответах всех обучающихся. Применение тестов возможно при проведении различных видов занятий.

Оценка знаний обучающихся по ответам на тестовые задания в форме отметки есть один подход. В практической деятельности преподавателю необходимо убедить слушателей, курсантов в правильности ответов или допущенных ошибок. Объективность отметок достигается также обсуждением ответов в часы самоподготовки обучающихся, в ходе индивидуальных консультаций или при проведении других видов учебных занятий.

Применение тестов в настоящее время при изучении учебных дисциплин становится оправданным в связи с образовательными модулями. Каждый образовательный модуль в структурно-организационном плане включает в себя лекции, семинарские, практические, индивидуальные занятия, итоговое тестирование.

Так, в преподавании учебной дисциплины «Военная психология и педагогика» применяются вводные лекции, моделирование отдельных элементов профессиональной деятельности офицеров, связанной с изучением психологии личности военнослужащего, коллектива, психологической подготовкой личного состава к выполнению учебных и учебно-боевых задач, практикой боевой подготовки в подразделении.

Изучение данной учебной дисциплины связано с конкретизацией 7 модулей. В соответствии с модульным подходом разрабатываются педагогические тесты. Методическая деятельность преподавателей заключается в том, чтобы тесты исходили из содержания изучаемого модуля, проектирования практической деятельности офицеров подразделений при подготовке к решению профессиональных задач.

Обучение в вузе – процесс многоуровневый и каждый его уровень достаточно специфичен с учетом дидактических задач, содержания, направленности учебного процесса. Значит, технология конкретного реального процесса обучения должна учесть положения концептуальных подходов, в частности проблемного обучения. Каждое учебное занятие направлено на достижение познавательных целей, формирование и развитие умений рациональной учебной деятельности, саморазвитие творческого мышления личности.

В условиях проблемного обучения существенно возрастает роль преподавателя. Педагог не только конструирует проблемные ситуации, но и планирует способы их разрешения. Программирование своей педагогической практики и учебно-познавательной деятельности обучающихся позволяет преподавателям делать процесс создания и разрешения проблемных ситуаций оптимально управляемым, полнее реализовать правила «учение – это акт открытия».

Таким образом, основными педагогическими условиями успешности проблемного обучения в военном учебном заведении являются: обоснованное понимание

преподавателями основных понятий, а именно проблемных задач, ситуаций, условий их разработки и применения в период подготовки и проведения учебных занятий, их структуры; этапов деятельности курсантов, слушателей в ходе решения проблемно-познавательных задач; планирования и управления активной мыслительной деятельностью обучающихся во время самостоятельной работы.

Для достижения целей подготовки офицерских кадров в современных условиях необходимо активнее реализовывать технологию проблемного обучения, позволяющую управлять процессами обучения, развития личностных, профессиональных компетенций выпускников военных учебных заведений.

В заключение следует привести мысли Аристотеля: «Благо везде и повсюду зависит от соблюдения двух условий: правильного установления конечной цели всякого рода деятельности и отыскания соответствующих средств, ведущих к конечной цели».

#### Список литературы

1. Алехин, И. А. Технологические основы совершенствования образовательного процесса в высшей школе / И. А. Алехин, С. А. Ларионов // Мир образования – образование в мире. – 2010. – № 1. – С. 118–128.
2. Барабанщиков, А. В. Проблемное обучение: итоги подведены – проблемы остаются / А. В. Барабанщиков // Вестн. высш. школы. – № 11. – 1985. – С. 67–75.
3. Быков, А. К. Развитие педагогического мастерства преподавателей высшей военной школы / А. К. Быков. – М.: ВУ, 2000. – 199 с.
4. Гуляев, А. Н. Научные и прикладные основы реализации проблемно-деятельностного подхода в подготовке офицеров в педагогической деятельности / А. Н. Гуляев, Р. А. Климов. – М.: ВУ, 2013. – 152 с.
5. Гурин, В. М. Проблемное обучение как путь активизации познавательной деятельности курсантов военных училищ при изучении общественных наук: автореф. дис. ... канд. пед. наук / В. М. Гурин; Воен.-полит. акад. – М., 1980. – 21 с.
6. Зубра, А. С. Педагогическая культура преподавателя высшей школы / А. С. Зубра. – Минск: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2005. – 328 с.
7. Наумчик, В. Н. Акмеологический взгляд на педагогические технологии / В. Н. Наумчик, М. А. Паздников // Вестн. МГИРО. – 2011. – № 4. – С. 22–26.
8. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2006. – С. 317.

---

\*Сведения об авторе:

Гурин Василий Михайлович.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 04.11.2014 г.

**СОДЕРЖАНИЕ ПЕДАГОГИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
(психолого-педагогические основы технологизации процесса обучения)**

УДК 378.1

С. Г. Дудко, Н. В. Пашкевич\*

*В статье рассматриваются вопросы содержания педагогико-технологической компетентности преподавателя, необходимой для создания и использования качественной технологии обучения. Компетентность профессорско-преподавательского состава вуза в области психолого-педагогических наук может рассматриваться как гарант качества предоставляемых академией образовательных услуг, а также как ресурс дальнейшего развития военной образовательной системы Республики Беларусь.*

*The problems of the content of the pedagogical process competence of a lecturer are described in the article. The competence is necessary for creation and usage quality techniques. The professional and teaching staff of the institute of higher education competence in the sphere of the psychoeducational science can be taken as the guarantee of the quality of the educational services given by The Academy. It also can be the resource of the following development of the military educational system of The Republic of Belarus.*

Военная академия Республики Беларусь – сложная развивающаяся образовательная система, целью которой выступают обучение, воспитание и развитие курсантов в различных отраслях военного знания.

Важным видится вопрос условий, в которых осуществляется педагогическая и научная деятельность преподавателя вуза. Перечислим их.

**Условия качественной преподавательской деятельности в вузе:**

1. Статус вуза как психолого-педагогического научного и учебного центра, готовность вуза к саморазвитию в этом плане.
2. Сплоченность педагогического коллектива на основе современных концепций образования.
3. Педагогический потенциал организации и лиц, входящих в данный вуз.
4. Владение преподавательским составом новыми вузовскими технологиями (научными, техническими, образовательными, организационными).
5. Уровень педагогического мастерства преподавателей вуза в целом, развитость педагогических традиций.

**Педагогико-технологическая компетентность преподавателя** вуза основывается на умении преподавателя грамотно осуществлять деятельность по проектированию и реализации технологии подготовки курсантов. Указанное требование к преподавателю предусматривает понимание им психологических, педагогических, управленческих и квалиметрических основ технологии профессиональной подготовки.

**Проектировать** – предполагать, намечать. Проектирование технологии подготовки выступает, с одной стороны, как поэтапное определение целей, содержания, средств педагогической коммуникации, системы обратной связи, коррекции учебной и преподавательской деятельности, а с другой – как «средство исследования закономерностей психического развития обучаемых, особенностей формирования учебной деятельности и способов педагогического управления» [15]. А. А. Андреев отмечает, что «основной акцент делается на организацию различных видов деятельности обучаемых; преподаватель выступает в роли педагога-менеджера, а не транслятора учебной информации; информация используется как средство организации деятельности, а не цель обучения; обучаемый выступает в качестве субъекта деятельности наряду с преподавателями» [2].

Педагогическую технологию можно представить в виде этапов (рисунок).



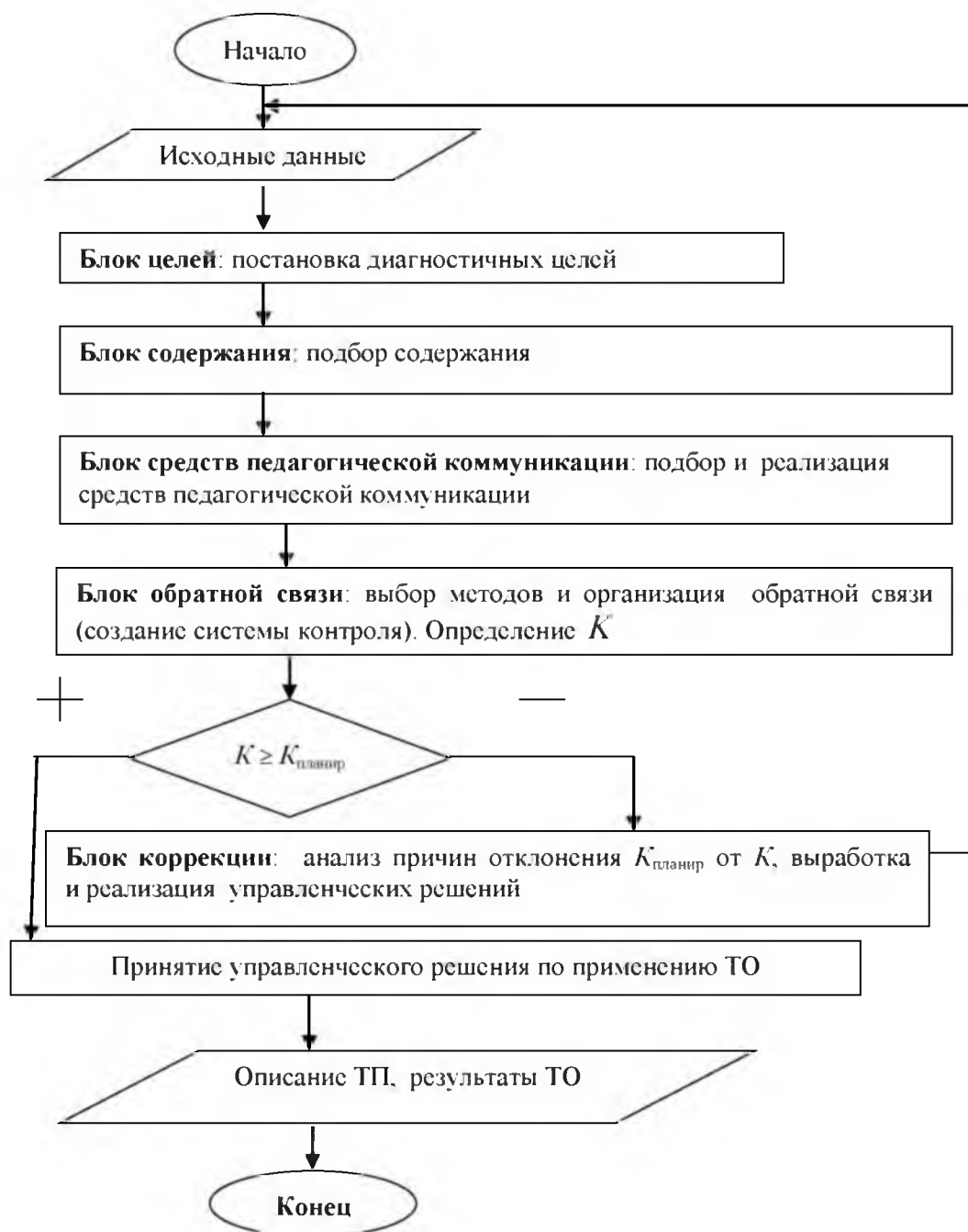


Рисунок – Алгоритм проектирования и реализации технологии обучения

Из рисунка видно, что педагогическую технологию можно разделить на следующие блоки (**блок** – часть системы, представляющая собой группу отдельных функционально объединенных элементов): блок целей, блок содержания, блок СПК (средств педагогических коммуникаций), блок обратной связи, блок коррекции. На основании этого выделяются **этапы проектирования**: постановка диагностической цели обучения; разработка системы обратной связи (критериев оценки результатов обучения, системы контроля, коррекции и т. д.); разработка содержания обучения; планирование технологических операций учебного процесса.

Поскольку проектирование технологии подготовки основано на психолого-педагогических закономерностях управления учебной деятельностью курсантов,

остановимся на некоторых положениях психологии и педагогики, позволяющих раскрыть суть процесса управления учебной деятельностью курсантов.

Психология анализирует процесс подготовки специалиста с **позиций**: возрастных особенностей (периодизации фаз развития человека, психологических отличий мужского и женского пола, привычек и т. д.); личностных особенностей (структуры личности, персонализации, темперамента, характера, способностей, одаренности, мотивации, деятельности, поведения, общения, воли и т. д.); познавательных процессов (ощущения, восприятия, внимания, памяти, мышления и речи); психологических основ содержания обучения (понятий, знаний, умений, навыков, формализма знания и др.); психологических основ методов, средств и форм обучения; вопросов взаимоотношения преподавателя и обучаемых.

По международной возрастной периодизации во время обучения в вузе большинство курсантов завершают фазу юности и переходят в фазу взрослости (для мужчин начало взрослости начинается в 21 год, а для женщин – в 20 лет). К этому времени завершается физическое созревание указанной группы обучаемых и продолжается развитие личностных характеристик (умственной, чувственно-эмоциональной, профессиональной и гражданской). Период обучения в вузе характеризуется ориентацией курсантов на личностное развитие в профессиональном аспекте, а результатом вузовского образования должен стать военный специалист. Поэтому в образовательном процессе должны учитываться индивидуально-психологические характеристики курсанта: мотивация, способности, особенности адаптации, самооценка и др. Неоспоримым является тот факт, что личность курсанта должна рассматриваться преподавателем в процессе обучения как субъект, который, с одной стороны, определяет характер учебной деятельности, а с другой стороны, развивается в процессе ее. Таким образом, **процесс обучения** должен выступать **как управление преподавателем учебной деятельностью курсанта**.

Категории субъекта познания и объекта познания изначально являются философскими категориями.

**Познание** в философском смысле – процесс отражения и воспроизведения в человеческом мышлении действительности.

**Субъект познания** определяется как источник целенаправленной активности, носитель предметно-практической деятельности, оценки и познания.

**Объект познания** – это то, на что направлена предметно-практическая, оценочная и познавательная деятельность субъекта.

Если философия исследует вопросы познавательной деятельности субъекта в плане отношения познания к объективной реальности, к истине, к процессу достижения истины, то психолого-педагогические науки (учитывая философские положения) исследуют познавательную деятельность касательно взаимоотношений индивидуальной (или коллективной) психики людей с внешней средой. Другими словами, рассматривают психические явления как результат воздействия внешних (внутренних) факторов на центральную нервную систему.

Выделим **психолого-педагогические характеристики субъекта образовательной системы**:

1. Субъект предполагает объект. Субъект является активной стороной в познавательном процессе. Объект выступает как относительно пассивная сторона, являясь тем, на что направлена деятельность субъекта.

2. В своей познавательной деятельности субъект создает познавательную структуру, несущую информацию об объекте и отражающую состояние общественного развития. Следовательно, он (субъект) имеет социальную природу.

3. Субъектом может выступать не только человек, но и группа, общество и т. п. Поэтому коллективный субъект представлен через каждого индивида и наоборот.

4. Формирование субъекта происходит в сознательно регулируемой познавательной деятельности. То есть сам субъект может выступать как объект своей познавательной деятельности.

5. Субъективность личности – активность и пристрастность – определяется в системе взаимодействий между субъектом и объектом, включает в себя личностные характеристики: мотивы, потребности, отношение к себе и окружающей действительности, воля, креативность, эмоциональность.

Курсант является субъектом в процессе обучения, а объектом выступают его учебная деятельность, личностные характеристики, знания, умения, навыки, результаты обучения и др.

Вопросы, связанные с учебной деятельностью курсантов, целесообразно рассматривать с позиций физиологии и педагогической психологии.

Различного рода психические явления тесно связаны с работой мозга. В качестве физиологической основы психология использует учение о высшей нервной деятельности, учение о рефлексах и учение о сигнальных системах. Вопросами их применения в целях обучения в разное время занимались: С. И. Архангельский, П. Я. Гальперин, В. В. Давыдов, Л. В. Занков, Е. Н. Соколов, Н. Ф. Талызина, Д. Б. Эльконин и др.

В учении о высшей нервной деятельности показано, что психические проявления человека образуются под влиянием внешней среды и вся его деятельность, в том числе и учебная, представляет единство внешнего и внутреннего. Само единство и постоянная связь с внешней средой осуществляется через нервную систему. В результате, в сознании человека происходит постоянный отбор того, что является необходимым, обязательным, и того, что является нежелательным, вредным, опасным. Таким образом, это позволяет человеку управлять своим организмом, приобретать новые привычки, усваивать новое, что является важным, в процессе овладения теоретическими знаниями, практическими умениями, приобретения опыта творческой деятельности, формирования эмоционально-ценностного отношения к профессиональной деятельности.

Преподавателю вуза необходимо учитывать вытекающие из физиологических основ ощущения и восприятия закономерности. Где **ощущение** – осознаваемый или субъективно представленный (присутствующий в психике субъекта) результат переработки центральной нервной системой значимых для человека раздражителей. Ощущения – самые простые из всех психических явлений и выступают как первооснова для восприятия и познания живыми существами окружающего мира. **Восприятие** – осмысленный (предполагающий мышление) и означенный (связанный со словом) синтез разнообразных ощущений, получающихся от целостного предмета. Итогом возникновения ощущения является чувство (ощущение яркости, громкости, утомления и т. д.). Результатом восприятия является образ, который включает в себя комплекс различных взаимосвязанных ощущений, приписываемых сознанием какому-либо явлению. Перечислим вытекающие из этого особенности организации процесса обучения:

1. Для того чтобы определенный предмет был воспринят, необходимо совершить какую-либо внутреннюю или внешнюю деятельность, направленную на его исследование в целях формирования образа восприятия.

2. Образ восприятия осознается курсантом только до тех пор, пока соответствующий объект воздействует на органы чувств.

3. Если образ восприятия является значимым для курсанта, то он запоминается, превращаясь в образ представления, в противном случае образ восприятия объекта исчезает.

4. Качество представлений зависит от полноты и четкости выражения признаков объекта, от степени понимания и запоминания существенных сторон объекта.

5. Пороги ощущений позволяют не пропускать в сознание обучаемого наиболее низкие (слабые) и наиболее большие (сильные) воздействия на органы чувств.

6. Для возрастной группы, к которой относятся курсанты, характерно наличие процесса постоянного перцептивного исследования окружающей действительности, который

формируется на основе врожденного ориентировочного рефлекса. Это позволяет на данной ступени обучения курсанта, не используя внешнюю ориентировочно-исследовательскую деятельность (Гальперин – Талызина), создавать идеальную ориентировочную основу деятельности (в процессе восприятия решать задачи: узнавания определенного рода свойств объектов, отличия друг от друга, отличия связей и отношений и др.).

7. Восприятие зависит от эмоционального состояния человека в учебном процессе. Субъективное восприятие «чаще всего приобретает характер объективного и зависит во многом от того, как оценивается воспринимаемое, каким является направление восприятия» [3].

8. Восприятие пространства, времени, движения тесно связано с темпоритмом деятельности курсанта, так как неправильно выбранные темп и ритм деятельности (особенно систематической) вызывают повышение тревожности и неуверенности курсанта, что влечет за собой ухудшение других познавательных процессов.

Проектируя ТО, преподаватель должен учитывать взаимосвязь внимания и ориентировочного рефлекса. **Внимание** – это психологическое состояние, характеризующее интенсивность познавательной деятельности и выражающееся в ее сосредоточенности на сравнительно узком участке (в действии, предмете, процессе, явлении), который становится осознаваемым и концентрирует на себе психологические и физические усилия человека в течение определенного периода времени.

Заранее подготовить и осуществить определенное действие в процессе получения информации обучаемому позволяет ориентировочный рефлекс. Его связь со второй сигнальной системой составляет основу внимания. **Ориентировочный рефлекс** – «комплекс сложных условно-рефлекторных реакций организма на любой новый раздражитель; направлен на мобилизацию систем организма для быстрой и точной оценки новой ситуации и выработки соответствующего действия» [21]. С помощью внимания тормозятся ненужные в данный момент психологические и физиологические процессы и активизируются нужные, происходит целенаправленный и организованный набор поступающей информации, обеспечивается длительная сосредоточенность активности на одном и том же объекте.

При взаимодействии трех видов внимания – произвольного, непроизвольного, послепроизвольного – деятельность курсантов должна быть направлена на самоуправление своим произвольным вниманием и на достижение такого уровня послепроизвольного внимания, когда в процессе учебной деятельности произвольное внимание переходит в непроизвольное.

**Функциями внимания** являются контроль и регуляция деятельности. Внимание, не имея конкретного результата, способствует улучшению действия. Поэтому при организации учебной деятельности курсантов важным является не только направление внимания и сохранение его на протяжении некоторого времени, но и формирование новых приемов произвольного внимания, его контроля, анализа и регуляции.

П. Я. Гальперин отмечает, что произвольное внимание – это такое «умственное сокращенное» действие, которое осуществляется по заранее составленному плану, заданному нормативу или образцу. И в целях формирования нового приема произвольного внимания необходимо наряду с основной деятельностью предложить задание проверить ход и результаты этой деятельности, разработать и реализовать соответствующий план [9].

Важную роль в успешности профессиональной подготовки играет память.

**Память** – психофизиологический процесс, выполняющий функции запоминания, сохранения и последующего воспроизведения информации, поступившей когда-либо человеку.

Необходимо учитывать следующие закономерности памяти:

1. **Продуктивность памяти** зависит не только от природных особенностей обучаемого, но и от особенностей его личности, в частности от эмоционально-волевой сферы и общей культуры. Обучаемый способен сознательно (самостоятельно или при помощи преподавателя) управлять процессами своей памяти (запоминанием, сохранением,

воспроизведением и узнаванием), в зависимости от целей и задач, которые он ставит в своей учебной деятельности.

2. **Физиологические особенности** запоминания (запечатление в сознании человека полученной информации) и памяти диктуют свои условия управления процессами памяти на занятиях. К ним относятся:

необходимость связать новое с другим известным или новым содержанием, применяя при этом смысловую группировку материала, выделяя главное и существенное в каждой части, что, в свою очередь, позволяет в дальнейшем облегчить процессы воспроизведения (активизации закрепленного ранее содержания психики) информации;

необходимость чередования процессов запоминания и воспроизведения;

необходимость организации повторения одного и того же материала, используя ассоциативное расширение и углубление (в противном случае повторение приводит к механическому запоминанию, что неэкономно, так как требует многократного дублирования и зачастую приводит к формальному усвоению знаний);

возможность применения усвоенных знаний на практике.

Главным результатом обучения в высшей школе является развитие различных видов мышления:

**по форме:** наглядно-действенное, наглядно-образное, абстрактно-логическое;

**по характеру решаемых задач:** теоретическое и практическое;

**по степени развернутости:** дискурсивное, интуитивное;

**по степени новизны и оригинальности:** репродуктивное (воспроизводящее) и продуктивное (творческое).

Под **мышлением** будем понимать психическую деятельность, направленную на выявление скрытых от наблюдения отношений в предмете анализа.

Преподавателю высшей школы необходимо учитывать следующие особенности мышления:

1. Мышление опирается на имеющиеся у человека знания.

2. Мышление есть отражение связей и отношений между предметами в словесной форме. Слова облегчают процессы мыслительных операций, в частности абстрагирования и обобщения. Относясь к мышлению, **слова** входят в состав речи, представляя собой какие-либо понятия – форму мышления, отражающую существенные свойства, связи и отношения предметов и явлений. Поэтому свободное владение речью, изучаемыми курсантами научными понятиями, является как предпосылкой к успешному усвоению научной дисциплины, так и результатом усвоения.

3. Развивая мышление, необходимо опираться на тот факт, что мышление всегда направлено на решение какой-либо задачи. Оно, по мнению Б. Ц. Бадмаева, является формой «психической (т. е. ориентировочной) деятельности, благодаря которой субъект выделяет в задаче, открывает для себя существенные связи и отношения, скрытые от его непосредственного чувственного восприятия и систематического наблюдения» [5].

Важным в подготовке военных специалистов является наличие у них **творческого мышления**. Отметим, что творчески мыслящий человек обладает следующими способностями:

оригинальностью, нетривиальностью высказываемых идей;

поиском собственного решения;

семантической гибкостью (способностью видеть объект под новым углом зрения);

семантической спонтанной гибкостью (способностью продуцировать разнообразные идеи в неопределенной ситуации);

образной адаптивной гибкостью (способностью изменять восприятие объекта таким образом, чтобы видеть его новые стороны) [18]. Процессы творческого мышления могут **сдерживаться** следующими факторами:

наличием недостаточного количества знаний для решения творческих задач;

наличием стереотипов мышления в решении задач;  
 частыми неудачами, ведущими к понижению интеллектуальных способностей человека (необходимо чувство успеха);  
 несоответствием мотивации уровню эмоционального возбуждения курсанта;  
 высоким уровнем тревожности;  
 преобладанием критического способа мышления над творческим.

При подготовке будущего специалиста важным является взаимосвязь дискурсивного мышления с интуитивным. **Интуитивное** – мышление, протекающее в бессознательной области, процесс которого не осознается, а осознается результат, имеющий форму внезапного озарения (инсайта или ага-эффекта). **Дискурсивное** (аналитико-синтетическое, словесно-абстрактное) мышление – процесс логического рассуждения, в котором предшествующая мысль обуславливает последующую. Традиционно наибольшее внимание в вузе отводится развитию дискурсивного мышления курсантов. Мыслительные операции, задействованные в дискурсивном мышлении (анализ, синтез, классификация, объединение, абстрагирование, систематизация, обобщение, конкретизация) позволяют курсантам иметь знания о законах и закономерностях изучаемых наук в целях использования этих знаний с практической направленностью. В процессе формулирования проблемы при решении поставленной задачи дискурсивное мышление предшествует интуитивному. Если же интуитивное предшествует дискурсивному, то можно говорить о процессе систематического доказательства истинности предположения, выдвигаемого курсантом. Смена указанных видов мышления на занятиях позволяет развивать у курсантов **прижизненную интуицию** – «сконцентрированный прижизненный опыт человека в решении различных проблем» [20]. Интуитивное мышление играет важную роль в профессиональной подготовке, ибо «высокий профессионализм человека в той или иной области всегда связан с развитием у него интуитивного мышления. Это результат большого опыта, глубокого проникновения в сущность проблем данной области и той генетической интуиции, которую он получил при рождении» [20]. **Генетическая интуиция** – это способность человека понять существенные отношения и структуру ситуации в целом, получив осмысленное решение возникшей перед ним проблемы в форме инсайта, не используя при этом прошлого прижизненного опыта. Вышеизложенные моменты необходимо учитывать преподавателю при реализации технологического подхода к обучению курсантов.

Проектирование и реализация технологии подготовки курсантов ориентируют преподавателя на управление учебной деятельностью курсанта посредством своей (управляющей) деятельности.

Рассмотрим понятие учебной деятельности с позиций педагогической психологии.

С точки зрения педагогической психологии различаются: деятельность обучающегося курсанта и обучающего преподавателя. Учебная деятельность курсанта делает его квалифицированным специалистом, а деятельность преподавателя призвана управлять учебной деятельностью курсанта, ориентируя его не на запоминание готовых знаний, а на самообучение. Только в этом случае в качестве главного результата обучения будет выступать не только знание учебной дисциплины, а личность курсанта – будущего военного специалиста, способная творчески учиться, то есть перерабатывать общественный опыт и известные ему (курсанту) научные знания применительно к потребностям практики (создавать новые знания). Поэтому учет психологических условий эффективности учебной деятельности курсанта является одним из основных факторов создания научно обоснованной технологии обучения.

**Психологическая теория учебной деятельности (ПТУД)** – раздел педагогической психологии, занимающийся вопросами приобретения и закрепления способов деятельности личности, в результате которого формируется индивидуальный опыт человека – его знания, умения и навыки.

Психологические исследования в этой области начались в 50-е годы прошлого столетия. Понятие «**учебная деятельность**» появилось в связи с разработкой критериев

характеристики качества знаний школьников: научности, системности, обобщенности, прочности (и др.) и, как следствие, возникшей необходимостью рассмотрения целостной учебной деятельности, «включающей в себя не только знания, умения и навыки, стоящие за ними приемы, действия и операции с учебным материалом, но и принятие учеником учебной задачи, осуществление им самоконтроля, самооценки и т. д.» [10]. Общие положения ПТУД могут быть применимы не только в школе, но и в других звеньях системы образования, в том числе и в вузе.

**Учебная деятельность курсанта** – деятельность, направленная на освоение обобщенных способов действий в сфере научных понятий.

**Структура учебной деятельности** может быть представлена следующим образом: потребность – задача – мотивы – действия – операции.

Рассмотрим структуру учебной деятельности подробнее.

**Потребность** – состояние нужды человека в определенных условиях, недостающих для нормального существования и развития. Р. С. Немов указывает, что «по меньшей мере, два мотивационных фактора: потребность и мотив, необходимы для полноценной мотивации, то есть для стимулирования и направления поведения в определенное русло» [18]. В учебной деятельности потребность проявляется как стремление курсанта к усвоению теоретических знаний из какой-либо предметной области. Потребность может находиться в латентном (не проявляющем себя) и активном (требующем своего удовлетворения) состояниях. Удовлетворение же любой потребности (в частности познавательной) осуществляется в процессе некоторой деятельности (решении учебной задачи). Поэтому при переходе потребности в активное состояние у обучаемого возникает побуждение – мотив учебной деятельности, в процессе которой и может быть удовлетворена потребность в познании какой-либо предметной области.

Следующим элементом структуры учебной деятельности курсанта выступает учебная задача. **Учебная задача** – важнейший элемент структуры учебной деятельности. Решая учебную задачу, курсант выполняет учебные действия и операции. Учебная задача отличается от практической тем, что своей целью ставит не сами изменения в предмете, а овладение способом действий по внесению этих изменений (хотя изменения могут и происходить). Необходимо, чтобы учебная деятельность состояла из систематического решения учебных задач по применению изученного теоретического материала на практике. Только с такой активной деятельностью самого курсанта можно рассчитывать на усвоение изучаемой дисциплины.

**Мотивация** – это, во-первых, «система факторов, детерминирующих поведение (сюда входят, например, потребности, мотивы, намерения, цели, интересы, стремления)», и, во-вторых, характеристика «процесса, который поддерживает поведенческую активность на определенном уровне» [5].

**Мотив** – это тот предмет, который выступает в качестве средства удовлетворения актуальной потребности и ради которого осуществляется деятельность. Учебная мотивация является частным видом мотивации учебной деятельности. Учебная мотивация определяется следующими факторами: субъективными особенностями обучающегося; спецификой учебного предмета; субъективными особенностями преподавателя; организацией учебного процесса.

По мнению Б. Ц. Бадмаева, основным мотивом, специфическим для учебной деятельности, является познавательный интерес.

**Интерес** – «потребность, ставшая свойством личности человека, побуждающая его к такой деятельности, которая не только удовлетворяет его потребность в объективных достижениях, но и приносит ему желанное эмоциональное насыщение» [20]. Поскольку в природе интереса лежит потребность в постоянном эмоциональном насыщении, то деятельность, вызванная познавательным интересом, принимает активный поисковый характер. Таким образом, учебная задача играет инструментальную роль в создании познавательного интереса и в целом **учебной мотивации** (совокупности мотивов,

вызывающих и определяющих учебную деятельность). Сам же процесс решения курсантами задач состоит из учебных действий.

**Учебное действие** – элемент деятельности, при выполнении которого достигается конкретная цель, не разлагаемая на более простые.

Учебная деятельность осуществляется с помощью следующих учебных действий: постановки учебной задачи преподавателем или самим курсантом; принятия курсантом задачи к решению; преобразование курсантом учебной задачи в целях узнавания общего в данной конкретной задаче; моделирования выделенного отношения; преобразования модели этого отношения для изучения его в «чистом виде»; построения системы частных задач по данной проблеме, решаемых общим способом; контроля над выполнением предыдущего действия, чтобы правильно перейти к последующему; оценки (самооценки) успешности выполнения всех учебных действий как результата усвоения общего способа решения учебной задачи.

**Операции** – способы выполнения действия. Операция играет важную роль в учебной деятельности, поскольку она является действием, которое перестало быть объектом сознательного контроля обучающегося и стало способом выполнения другого, более сложного действия. Выше отмечалось, что главными целью, результатом, предметом и продуктом учебной деятельности курсанта являются не сами знания, а умения мыслить на основе этих знаний. Следовательно, на первый план выходит проблема формирования системы операций (сравнение, анализ, синтез, абстракция, обобщение), составляющих мыслительную деятельность курсанта в рассматриваемой области науки. Кроме того, следует отметить тот факт, что переход с уровня действия на уровень операции является основой технологизации процесса обучения в высшей школе.

Итак, понятия *учение* и *учебная деятельность* различны. Будем рассматривать учение курсантов как понятие достаточно широкое, включающее в себя не только организованные его формы (школы, курсы, вузы и др.), но и стихийные процессы приобретения человеком знаний и опыта в повседневной жизни, а организованные формы учения – как «учебную деятельность, имеющую свою специфику, отличающую ее от других основных видов деятельности – труда и игры. Главная особенность учебной деятельности заключается в том, что она составляет основу любой другой деятельности, так как она готовит к ней человека» [5].

Роль преподавателя – управление учебной деятельностью курсанта в целях обучения его (курсанта) профессиональному мышлению. Важен тот факт, что теоретические знания можно усвоить только в процессе организованной учебно-теоретической деятельности, так как эти знания отражают законы и закономерности происхождения, становления и развития определенной области науки.

Значимую роль в процессе подготовки курсантов играет знание преподавателем таких явлений, как учебное взаимодействие, психологический контакт, психическое состояние.

**Учебные взаимодействия** – это взаимодействия общающихся между собой преподавателей и курсантов (только курсантов), проявляющееся в их «сотрудничестве как форме совместной, направленной на достижение общего результата деятельности и общения» [10]. Взаимодействие является основой процесса обучения.

**Психологический контакт** «возникает в результате общности психического состояния людей, вызванной их взаимопониманием и связанной с обоюдной заинтересованностью и доверием друг к другу взаимодействующих сторон» [10], и является как условием, так и следствием продуктивного взаимодействия субъектов образовательного процесса. Психологическое состояние субъектов процесса обучения существенным образом влияет на достижение запланированных субъектами образовательных целей, так как управлять учебной деятельностью курсантов можно только в том случае, если между преподавателем и курсантами установлены психологические контакты. Психологический контакт субъектов учебного взаимодействия позволяет им (субъектам) оптимальным образом проявлять свои личностные свойства, вследствие чего активизировать психические



процессы (познавательные, эмоциональные и волевые). Контакт в учебном взаимодействии выражается в интеллектуальном и эмоциональном сопереживании, сомышлении, содействии обучаемых преподавателю, преподавателя курсантам и курсантов – курсантам. Таким образом, установление психологического контакта между преподавателем и курсантами на занятиях позволяет реализовать идею сотрудничества в процессе обучения, что является основой для успешного проектирования и реализации технологий обучения.

**Психическое состояние** – «определенный уровень работоспособности и качества функционирования психики человека, характерный для него в каждый данный момент времени» [12]. К психическим состояниям относят активность, пассивность, бодрость, усталость, сопереживание, апатию и др.

Подготовка военных специалистов в вузе должна определяться не только психологическими закономерностями процесса учебного взаимодействия преподавателя и курсантов, но и дидактическими принципами.

При проектировании технологии подготовки (выборе и постановке целей, формировании содержания, отбора средств педагогической коммуникации и средств обратной связи) оказывают влияние общедидактические принципы, имеющие свою специфику в высшей школе.

М. М. Левина отмечает, что сегодня «дидактика как педагогическая наука об управлении учебным процессом становится многоуровневым знанием, отражающим основные закономерности построения моделей обучения и способов их переносов на практику путем процедур проектирования и реализации процесса обучения, направленного на формирование и развитие профессиональных умений и профессионально значимых качеств личности» обучаемого [15]. Дидактика высшей военной школы берет свое начало от общей (классической) дидактики.

Остановимся на принципах дидактики.

**Принцип** – это «первоначально руководящая идея, основное правило поведения. В логическом смысле принцип есть центральное понятие, основание системы, представляющее собой обобщение и распространение какого-либо положения на все явления той области, из которой данный принцип абстрагирован» [4].

Д. В. Мартынов под **принципами обучения** называет «положения, выражающие зависимость между целями подготовки и закономерностями, направляющими практику обучения» [16].

Выделяют следующие принципы обучения:

1. **Научность.** В содержании учебных дисциплин должны отражаться те фундаментальные научные достижения, без которых невозможна деятельность «современного специалиста и которые, вероятнее всего, не изменятся в ходе развития науки» [4]. Необходимо отражать общие методы и закономерности научного познания.

2. **Системность.** Содержание должно отражать связи между знаниями внутри научной теории. Другими словами, должна формироваться система методологических знаний, состоящая из трех групп: общенаучные термины; знания о структуре знаний; знания о методах научного познания.

3. **Связь теории и практики обучения с жизнью.** Включение материалов прикладного характера (явлений в тех или иных областях человеческой жизни, включая и профессиональную деятельность). Формирование у курсантов умений выполнять комплекс мыслительных и практических операций, аналоги которых они должны будут выполнять в своей будущей профессиональной деятельности.

4. **Сознательность.** Сознательность рассматривается как личное убеждение курсантов в процессе обучения. В высшей школе указанный принцип связан с самостоятельностью и активностью действий обучаемых, проявлением интереса, увлеченности, инициативных творческих поисков.

5. **Соединение индивидуального и коллективного.** Учебный процесс объединяет каждого отдельного курсанта на основе целей и задач обучения в коллектив. Сочетание

индивидуального и коллективного подходов в обучении создает такие отношения в группе курсантов, которые способствуют развитию личностной одаренности и профессиональных качеств курсантов в учебном процессе, что является необходимым условием высшего образования.

6. **Доступность.** Обучение по содержанию и объему информации должно быть доступным возрасту курсантов, способностям, уровню развития.

Учитывая сказанное выше, перечислим психолого-педагогические основания проектирования технологии подготовки курсантов:

1. Предлагаемые сегодня теорией и практикой технологии обучения имеют различную степень адаптации к конкретным процессам обучения (ведущие технологии могут стать второстепенными и наоборот). Поэтому основными критериями выбора той или иной технологии обучения при проектировании технологии подготовки являются: цель обучения, возраст, предмет изучения и психолого-педагогическая среда, в которой будет протекать процесс обучения.

2. В вопросе целеполагания необходима выработка как ближайших, так и перспективных целей образования курсанта по изучаемым проблемам.

3. Проведение «мысленного эксперимента, отслеживание влияния педагогических действий» [13]; определение достижимости установленного уровня качества технологии; адекватности выбранных действий поставленным целям; системности технологии; иерархии применяемых технологий. Ведущие (генеральные) технологии (носящие концептуальный характер) определяют второстепенные (частные) технологии (осуществляющие обучение как целостный процесс).

4. Проектирование положительной мотивационной основы занятий, установления психологического контакта достигается в том случае, если методы и средства учебной деятельности воспринимаются курсантами как свободно выбранные ими способы деятельности, а поиск решения поставленной учебной задачи и результат решения приносили эмоциональное удовлетворение.

5. **Проблемность обучения.** **Проблемность** – это «общедидактическая характеристика обучения, которая складывается на базе специальной структуры конкретных методов и их систематизации, подчиненных целям развития» [14]. Проблемность может быть в изложении нового материала, его содержании, может быть свойственна контролю за усвоением знаний и умений или характеризовать систему заданий для самостоятельной работы. Проблемными могут быть различные формы учебных занятий: лекции, практические и лабораторные занятия, зачеты, семинары, коллоквиумы и т. д.

Поскольку особенность технологического подхода к процессу подготовки курсантов предполагает «его направленность на достижение заведомо фиксированной цели и на этой основе коррекцию учебного процесса, оперативную обратную связь» [11], то в рамках статьи целесообразно остановиться на рассмотрении квалиметрического подхода к оценке результатов управления учебной деятельностью курсантов, осуществляемой в процессе реализации технологии подготовки.

#### Список литературы

1. Аванесов, В. С. Тесты в социологическом исследовании / В. С. Аванесов. – М.: Наука, 1982. – 197 с.
2. Андреев, А. А. Педагогика высшей школы. Прикладная педагогика: учеб. пособие: в 2 кн. / А. А. Андреев. – М.: МЭСИ, 2000. – 156 с.
3. Архангельский, С. И. Лекции по теории обучения в высшей школе / С. И. Архангельский. – М.: Высш. шк., 1974. – 383 с.
4. Бабаскин, В. С. Фрагменты дидактики высшей школы: теория, методология, практика / В. С. Бабаскин, А. В. Коржуев, П. И. Самойленко. – М.: Янус, 2000. – 143 с.

5. Бадмаев, Б. Ц. Методика преподавания психологии / Б. Ц. Бадмаев. – М.: Владос, 1999. – 304 с.
6. Басова, Н. В. Педагогика и практическая психология / Н. В. Басова. – Ростов н/Д: Феникс, 1999. – 416 с.
7. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.
8. Беспалько, В. П. Теория учебника. Дидактический аспект. – М.: Педагогика, 1988. – 160 с.
9. Гальперин, П. Я. Введение в психологию: учеб. пособие для вузов / П. Я. Гальперин. – М.: Книжный дом: Университет, 1999. – 332 с.
10. Зимняя, И. А. Педагогическая психология / И. А. Зимняя. – М.: Логос, 1999. – 384 с.
11. Кларин, М. В. Инновационные модели обучения в зарубежных педагогических поисках / М. В. Кларин. – М.: Арена, 1994. – 222 с.
12. Крысько, В. Н. Психология и педагогика в схемах и таблицах / В. Н. Крысько. – Минск: Харвест, 1999. – 384 с.
13. Латюшин, В. В. Информатизация Челябинского государственного педагогического университета / В. В. Латюшин // Информ. и образ. – 2000. – № 8. – С. 3.
14. Левина, М. М. Основы технологии профессионального педагогического образования / М. М. Левина. – Минск, 1998. – 344 с.
15. Немов, Р. С. Психология / Р. С. Немов. – М.: Просвещение, 1990. – 301 с.
16. Пашкевич, Н. В. Развитие военного образования: теоретические основы информатизации управления образовательным процессом высшего военного учебного заведения: моногр. / Н. В. Пашкевич. – Минск: ВА РБ, 2009. – 99 с.
17. Пидкасистый, П. И. Психолого-педагогический справочник преподавателя высшей школы / П. И. Пидкасистый, Л. М. Фридман, М. Г. Гарунов. – М., 1999. – 354 с.
18. Советский энциклопедический словарь / под. ред. А. М. Прохорова. – 3-е изд. – М.: Сов. энцикл., 1985. – 1600 с.
19. Талызина, Н. Ф. Теоретические основы контроля в учебном процессе / Н. Ф. Талызина. – М.: Знание, 1983.
20. Третьяков, П. И. Практика управления современной школой / П. И. Третьяков. – М., : б. н., 1995.
21. Чернова, Ю. К. Теория и практика проектирования качественных технологий обучения: дис. ... д-ра пед. наук: 18.00.02 / Ю. К. Чернова. – Казань, 1998. – 364 с.
22. Шамова, Т. И. Управление адаптивной школой: проблемы и перспективы / Т. И. Шамова, Т. М. Давыденко, Н. А. Рогачева. – Архангельск: Изд-во Помор. пед. ун-та. – 1995. – 162 с.

---

\*Сведения об авторах:

Дудко Сергей Григорьевич.

Государственный секретариат Совета Безопасности Республики Беларусь;

Пашкевич Наталия Васильевна.

УО «Военная академия Республики Беларусь».

Статья поступила в редакцию 20.05.2014 г.

**Требования к статьям, представляемым для опубликования  
в военном научно-теоретическом журнале  
«Вестник Военной академии Республики Беларусь»**

Представляемые в редакцию материалы должны быть актуальными по содержанию, раскрывать проблемы военной теории и практики и предлагать пути их решения.

При подготовке материала во избежание повторений полезно ознакомиться с публикациями за предшествующие несколько лет. Основное внимание необходимо уделить актуальным вопросам военного искусства, модернизации, эксплуатации и боевого применения вооружения и военной техники, морально-психологического и боевого обеспечения воинской деятельности.

Статья должна содержать элементы новизны и глубокого анализа; суждения автора должны быть обоснованными, а выводы, сделанные им в завершение, – доказательными. Точность расчетов, практическая направленность, оригинальность предложенных решений – вот те критерии, руководствуясь которыми редакция будет рассматривать возможность публикации той или иной статьи. Схемы, рисунки, диаграммы должны по существу дополнять излагаемый материал.

Автор несет ответственность за точность цитируемого текста и ссылки на источник, а также за то, что в материалах нет данных, не подлежащих открытой публикации.

Текст статьи (в рукописном и электронном вариантах), выписка из протокола заседания кафедры (подразделения) с рекомендацией к опубликованию и экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати направляются в секретариат редколлегии.

**Требования к оформлению статей:**

объем – 5–8 страниц формата А4;

поля – 2 см;

текстовый редактор – Word for Windows версии 6.0 или выше;

редактор формул – MathType версии 6.0 – 6.7

высота символов – 12 pt, межстрочное расстояние – 1 интервал,

шрифт – Times New Roman Cyr.

Текст статьи должны предварять: название (по центру, полужирный шрифт, прописные буквы); УДК (ниже заглавия слева); инициалы и фамилия автора (ниже заглавия справа); аннотация на русском и английском языках (курсив, 100–150 слов).

На обороте последней страницы статьи необходимо указать фамилию, имя, отчество автора, подразделение (организацию), номер контактного телефона.

Материалы, не отвечающие требованиям по содержанию и оформлению, редколлегией не рассматриваются.