

**Труды Военно-космической
академии имени А.Ф. Можайского**

Выпуск 654

2016 г.

Научное рецензируемое издание

Выходит с 1942 года

Издатель:

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение
высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»
Министерства обороны Российской Федерации

Главный редактор:

доктор техн. наук, проф. Ю.В. Кулешов

Редколлегия:

председатель **Ю.В. Кулешов**, *доктор техн. наук, проф.*;
зам. председателя **И.В. Сахно**, *доктор техн. наук, проф.*;
ответственный секретарь **С.Г. Алёхин**, *кандидат техн. наук, доц.*;
Н.Ф. Аверкиев, *доктор техн. наук, проф.*; **В.Ф. Алексеев**, *доктор техн. наук, доц.*;
Т.В. Алексеев, *доктор истор. наук, доц.*; **А.П. Алёшкин**, *доктор техн. наук, проф.*;
В.Н. Арсеньев, *доктор техн. наук, проф.*; **И.Ю. Еремеев**, *доктор техн. наук, проф.*;
М.А. Еремеев, *доктор техн. наук, проф.*; **А.И. Замарин**, *доктор техн. наук, проф.*;
В.Н. Калинин, *доктор техн. наук, проф.*; **В.В. Клейменов**, *доктор техн. наук, проф.*;
В.В. Козлов, *доктор техн. наук, проф.*; **Н.С. Кужекин**, *кандидат филос. наук, проф.*;
В.Н. Кузьмин, *доктор воен. наук, проф.*; **Н.Б. Кунгурова**, *доктор пед. наук, доц.*;
А.Г. Ломако, *доктор техн. наук, проф.*; **Г.Н. Мальцев**, *доктор техн. наук, проф.*;
Ю.С. Мануйлов, *доктор техн. наук, проф.*; **Т.О. Мысливцев**, *доктор техн. наук*;
А.В. Паршуткин, *доктор техн. наук, доц.*; **Н.А. Репях**, *кандидат филос. наук, доц.*;
А.В. Харченко, *доктор техн. наук, доц.*; **К.Ю. Цветков**, *доктор техн. наук, проф.*;
А.В. Чарушников, *доктор воен. наук, доц.*

Адрес:

197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13; тел.: 8 (812) 347-97-69; <http://trudvka.ru>

Издание зарегистрировано

Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзором).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-45867 от 20 июля 2011 г.

Издание включено в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы
основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени
доктора наук (с 01 декабря 2015 г.). Издание включено в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Ответственный за выпуск:

начальник РИО **С.В. Чернышев**

Техническая поддержка:

Н.А. Станкевич

Подписано к печ. 9.12.2016. Формат печатного листа 445×300/4. Уч.-печ. л. 62,00. Уч.-изд. л. 30,75

Тираж 50 экз. Заказ 3333. Отпечатано в типографии ВКА им. А.Ф. Можайского

ISSN 2218-5429

© Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Артемьев А.В., Румянцев В.В.* Методика оценивания эффективности управления формированиями Воздушно-космических сил при организации боевых действий..... 5
- Павлов А.А., Павлов А.Н., Павлов Д.А., Слинко А.А.* Модель планирования операций устойчивого информационного взаимодействия кластера малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли..... 8
- Хаматов А.А.* Алгоритм диагностирования бортовой аппаратуры космических аппаратов на основе нечеткой логики..... 14

СВЯЗЬ, УПРАВЛЕНИЕ И НАВИГАЦИЯ

- Бахолдин В.С., Гаврилов Д.А., Добриков В.А., Иванов В.Ф.* Сравнительный анализ способов и характеристик обнаружения ВРСК-сигналов глобальных навигационных спутниковых систем..... 26
- Ковальский А.А., Терещенко С.В., Шаповалов А.А.* Модели и алгоритмы статистического уплотнения разнородного трафика в земных станциях спутниковой связи..... 34
- Петухов А.Б., Сергеев В.А.* Основные направления развития оптико-электронных средств навигации и ориентации по звездам космических аппаратов..... 43

СБОР И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

- Бабишкин А.А., Гудаев Р.А., Rogov Д.А., Чистяков С.В.* Алгоритм распознавания типа излучающего объекта в воздушно-космическом пространстве на основании использования его спектрального портрета..... 49
- Горянский А.С., Карытко А.А., Пророк В.Я., Соколов С.В.* Модель изменения блеска космического объекта в ходе проводки оптическим наблюдательным средством..... 57
- Данилюк А.С.* Применение стохастических моделей для прогнозирования состояния объекта мониторинга 67
- Замарин А.И., Христичан Е.В.* Обнаружение сверхширокополосных сигналов на основе закономерностей их преобразования в узкополосной системе..... 72

<i>Лобовко В.В., Сквасников М.А.</i> Метод иерархического распознавания сложных объектов по данным дистанционного зондирования Земли.....	82
<i>Логунов С.В., Рогов Д.А., Чистяков С.В.</i> Методика расчета величины блеска звезд в системе широкополосного оптического приемника.....	89
<i>Октябрьский В.В.</i> Метод выбора параметров регистрации изображений на борту космического аппарата с учетом фактической облученности заданного района.....	96
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>Архангельский А.А., Грязнова К.С.</i> Исследование процесса аутентификации системы информационной безопасности ведомственной информационной сети.....	103
<i>Бугаев И.А., Костырин А.А.</i> Подход к выявлению потенциально вредоносных скрытых вставок в видеопотоке.....	112
<i>Соколовский А.Н., Швецов А.С.</i> Метод повышения защищенности сложных информационно-вычислительных систем.....	118
РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ	
<i>Вакуненко В.А., Путилин П.А.</i> К вопросу разработки конструктивно-технологических решений подземных специальных фортификационных сооружений Министерства обороны Российской Федерации.....	124
<i>Дмитриев Л.С., Мысливцев Т.О., Найшулер Д.В., Невзоров В.И., Павский В.Ф.</i> Применение современных транзисторов СВЧ в широкополосных активных модулях активных фазированных антенных решеток.....	128
<i>Зоткин М.Ю., Миронов В.И.</i> Определение программы управления угловым разворотом космического аппарата по параметрам Родрига – Гамильтона...	136
<i>Зубарев А.В., Кретюк Д.А., Прищепина Д.Н.</i> Определение экономической целесообразности применения когенератора вместо традиционной системы энергоснабжения.....	144
<i>Кретюк Д.А., Прилуцкий А.В., Прищепина Д.Н.</i> Подход к технико-экономическому обоснованию реконструкции системы энергоснабжения специального объекта Министерства обороны Российской Федерации.....	150
<i>Пешехонов Н.Е., Рыбаков В.В.</i> Методика выбора основного источника электроснабжения объектов Министерства обороны Российской Федерации...	160

ПРОБЛЕМЫ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ, ВОИНСКОГО ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ ПОВСЕДНЕВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВОЙСК

<i>Аверочкин М.В.</i> Научно-методический подход к оцениванию эффективности деятельности должностных лиц по управлению службой войск и безопасностью военной службы вуза.....	167
<i>Марусенко И.В., Якушкина Н.С.</i> Особенности изучения дисциплины «Иностранный язык» слушателями магистратуры.....	175
<i>Стешов А.В.</i> Риторическая компетентность научно-педагогического работника.....	180
<i>Тарасов А.В., Шалонов Е.В.</i> Методика использования учебных видеофильмов при проведении занятий по психолого-педагогической подготовке с офицерами курсового звена Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского	185
ВОПРОСЫ ГУМАНИТАРНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУК	
<i>Архангельский А.А., Жердев О.В.</i> Правовые основы создания ведомственной информационной сети.....	190
<i>Зрянина Н.В., Кулганов В.А., Яковлев А.Г.</i> Результаты изучения системы охраны труда и здоровья пользователей персональных электронно-вычислительных машин.....	198
<i>Никулин Ю.А.</i> Научно-педагогический потенциал и подготовка научно-педагогических кадров Ленинградской военно-воздушной академии Красной Армии в годы Великой Отечественной войны (1941–1945).....	208
<i>Огородников В.П.</i> Проблема критерия истины и паранаука.....	216
<i>Черкасова Е.М.</i> Анализ системы управления инновационной деятельностью Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского с учетом институциональных взаимосвязей.....	225
Рефераты статей.....	234
Сведения об авторах.....	241
Сведения о рецензентах.....	247

А.В. Артемьев;
В.В. Румянцев,
кандидат военных наук

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯМИ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКИХ СИЛ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Представлена методика оценивания эффективности управления формированиями Воздушно-космических сил (ВКС) при организации боевых действий.

Ключевые слова: система управления, показатели и критерий эффективности.

ВВЕДЕНИЕ

Решение практических задач исследования эффективности управления связано с оценкой вклада, который вносит система управления в достижение конечных целей боевых действий формирований ВКС. При этом неизбежно возникает вопрос о выборе соответствующих показателей и критериев оценки эффективности.

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯМИ ВКС ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Для оценивания эффективности функционирования системы управления существуют несколько подходов [1–4]. Наиболее эффективным подходом с точки зрения обработки и циркуляции информации в системе управления является оценка ее эффективности.

Данный подход заключается в рассмотрении функционирования системы управления: с одной стороны, выполнения возложенных на нее задач управления, а с другой – ее вклада в достижение конечной цели. То есть эффективность управления должна быть описана совокупностью показателей, характеризующих все стороны функционирования системы управления. При этом основные задачи, решаемые системой управления, представляются циклом управления и охватывают достаточно обширный перечень работ и мероприятий. Но в наиболее общем виде цикл управления (рис. 1) можно представить как совокупность периодически следующих друг за другом составляющих его процессов управления *A*, *B*, *C* и *D*, где *A* – получение информации (сбор, обработка, анализ и отображение полной и достоверной информации); *B* – принятие рационального решения на основе полученной информации; *C* – доведение задач до подчиненных и *D* – контроль выполнения поставленной задачи.

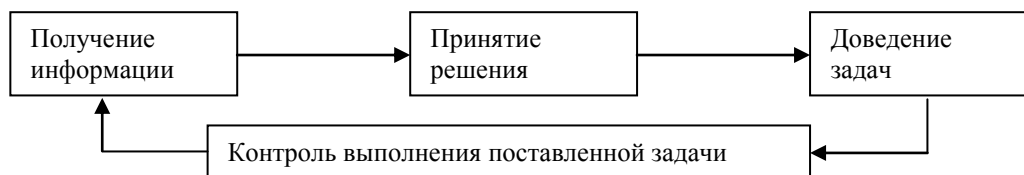


Рис. 1. Общий вид цикла управления

Опираясь на закон больших чисел и учитывая, что время выполнения цикла управления является суммой большого числа составляющих времен для выполнения элементарных работ, имеющих также случайные отклонения, их можно считать распределенными по нормальному закону. В этом случае вероятность выполнения задач системой управления рассчитывается по функции Лапласа и имеет вид

$$P_{с.вз} = \Phi^* \left(\frac{T_{расп} - mT_{потр}}{\sigma T_{потр}} \right), \quad (1)$$

где Φ^* – функция Лапласа;

$T_{\text{расп}}$ – располагаемое время для решения задач управления;

$mT_{\text{потр}}$ – математическое ожидание потребного времени на выполнение задач цикла управления;

$\sigma T_{\text{потр}}$ – среднеквадратическое отклонение потребного времени от среднего значения.

Оценку требований оперативности в выполнении задач системы управления необходимо производить комплексно, на всем протяжении цикла управления.

Время выполнения задач системой управления можно представить в виде

$$T_{\text{упр}} = T_{\text{инф}} + T_{\text{реш}} + T_{\text{дз}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{упр}}$ – время, затрачиваемое органом управления на выполнение цикла управления;

$T_{\text{инф}}$ – время, затрачиваемое органом управления на сбор и обработку информации;

$T_{\text{реш}}$ – время, затрачиваемое органом управления на выработку и принятие решения;

$T_{\text{дз}}$ – время, затрачиваемое органом управления на доведение задач до подчиненных.

Следует учесть, что время выполнения задач системой управления не должно превышать располагаемое время, т.е. должно выполняться неравенство

$$T_{\text{упр}} \leq T_{\text{расп}}. \quad (3)$$

Однако в современных условиях, при стремлении противника осуществлять информационную блокаду для противоборствующей стороны, оперативно принятое решение не всегда в максимальной степени соответствует складывающейся обстановке.

Качество выполнения задач системой управления зависит от большого количества факторов, определяющих функционирование командного пункта (пункта управления), входящего в данную систему управления, с учетом его важности. Оценить качество функционирования командного пункта (пункта управления) можно по качеству выполнения задач цикла управления на данном командном пункте (пункте управления) и по состоянию элементов системы управления на нем. Опираясь на вышесказанное, показатель качества функционирования системы управления при выполнении задач цикла управления можно определить по следующему выражению:

$$K_{\text{упр}} = f(K_{\text{инф}}, K_{\text{реш}}, K_{\text{дз}}, K_{\text{с.эл}}), \quad (4)$$

где $K_{\text{упр}}$ – показатель качества функционирования системы управления при выполнении задач цикла управления;

$K_{\text{инф}}$ – частный показатель качества функционирования системы управления на этапе сбора и обработки информации;

$K_{\text{реш}}$ – частный показатель качества функционирования системы управления на этапе выработки и принятия решения;

$K_{\text{дз}}$ – частный показатель качества функционирования системы управления на этапе доведения задач до подчиненных;

$K_{\text{с.эл}}$ – обобщенный показатель состояния элементов системы управления.

Для оценки показателя качества функционирования системы управления нужно определить реальное состояние органов и пунктов управления, средств связи и АСУ в сложившейся обстановке. Состояние командного пункта (пункта управления) в целом можно охарактеризовать обобщенным показателем $K_{\text{с.эл}}$, который будет представлять собой функцию

$$K_{\text{с.эл}} = \widehat{K}_{\text{с.ОУ}} + \widehat{K}_{\text{с.ПУ}} + \widehat{K}_{\text{с.св}} + \widehat{K}_{\text{с.АСУ}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{с.ОУ}}$ – коэффициент состояния органов управления;

$K_{\text{с.ПУ}}$ – коэффициент состояния пунктов управления;

$K_{\text{с.св}}$ – коэффициент состояния средств связи;

$K_{\text{с.АСУ}}$ – коэффициент состояния комплексов средств автоматизации.

Приведенные показатели эффективности отражают только внутренние свойства системы. Для того чтобы в полном объеме утверждать преимущества одной системы управления по отношению к другой, необходимо отразить степень влияния каждой из рассматриваемых систем управления на эффективность функционирования формирований ВКС. С этой целью в качестве показателя эффективности управления формированиями ВКС целесообразно принять эффективность группировки при заданном управлении, которая определяется как

$$\Theta_{\text{гр}}(y) = \frac{\bar{U}_n(y)}{\bar{U}_{\text{треб}}}, \quad (6)$$

где $\bar{U}_n(y)$ – предотвращенный ущерб, полученный в результате действий формирований ВКС при заданном управлении;

$\bar{U}_{\text{треб}}$ – требуемый предотвращенный ущерб, который должны обеспечить своими действиями формирования ВКС.

При этом значение эффективности управления определяется из выражения

$$\Theta_{\text{гр}}(y) = f(\Pi, Y, S_y, \Phi, T_{\text{упр}}, K_{\text{упр}}, K_{\text{с.эл}}), \quad (7)$$

где Π – факторы, влияющие на действия противника по системе управления;

Y – условия обстановки;

S_y – структура системы управления;

Φ – факторы, влияющие на функционирование системы управления;

$T_{\text{упр}}$ – время выполнения задач системой управления;

$K_{\text{упр}}$ – качество функционирования системы управления;

$K_{\text{с.эл}}$ – коэффициент, характеризующий состояние элементов системы управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика оценивания эффективности управления позволяет не только оценивать эффективность функционирования системы управления при организации и ведении боевых действий формированиями ВКС, но и определять вклад системы управления в ожидаемую эффективность боевых действий. Достоинством этой методики является возможность оценивания эффективности управления по этапам цикла управления (сбора и обработки информации, принятия решения, доведения задач до подчиненных), а также возможность оценивания эффективности управления с учетом состояния технической основы системы управления формированиями ВКС.

Список используемых источников

1. Пучков А.А., Васильев В.А. Основы построения автоматизированной системы управления ПВО и ВВС: учеб. пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС, 2012. – 251 с.
2. Минаков Е.П., Шафигуллин И.Ш. Модели оценивания эффективности применения орбитальных группировок космических систем: учеб. пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2011. – 88 с.
3. Давыдов А.Н. Анализ возможностей существующих систем управления при решении вопросов планирования и управления боевыми действиями группировок авиации и ПВО межвидового стратегического объединения // Вестник Академии военных наук. – 2011. – Вып. 5. – С. 61–63.
4. Минаков Е.П., Карась И.В. Теоретические основы оценивания качества систем и их операций: учеб. пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010. – 42 с.

А.А. Павлов;
А.Н. Павлов;
доктор техн. наук;
Д.А. Павлов;
А.А. Слинько

МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ УСТОЙЧИВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛАСТЕРА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В статье представлена модель планирования операций устойчивого информационного взаимодействия (ИВ) кластера малых космических аппаратов (МКА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяющая минимизировать затраты на последующую коррекцию плана операций ИВ в условиях однократного стохастического воздействия на элементы кластера МКА.

Ключевые слова: кластер малых космических аппаратов, структурная динамика, информационное взаимодействие, устойчивый план, дистанционное зондирование Земли.

ВВЕДЕНИЕ

Применение МКА и космических систем на их основе является в настоящее время одной из ведущих тенденций развития космических технологий. Одной из основных областей применения МКА является ДЗЗ. При этом перспективное направление развития космических систем ДЗЗ – это построение их в виде кластеров МКА ДЗЗ. Кластер МКА ДЗЗ представляет собой космическую систему, состоящую из конкретного количества МКА ДЗЗ со специально выбранными параметрами. Она оперативно сформирована на определенный временной интервал для согласованного выполнения съемки объектов зондирования и имеет динамически изменяющуюся структуру. При таком построении космическая система ДЗЗ приобретает новые системные возможности [1], связанные с многопозиционностью наблюдения за наземными объектами; повышением устойчивости функционирования орбитальной группировки МКА за счёт резервирования, структурного построения; повышением оперативности и эффективности применения по целевому назначению. К таким возможностям перспективного кластера МКА относятся: объединение полос обзора нескольких МКА, одновременная или последовательная съемка одних и тех же объектов несколькими МКА с комплексированием данных наблюдения, выбор одного из нескольких подходящих ракурсов съемки интересующих объектов и ряд других. Однако эффективное применение и реализация появившихся возможностей кластера МКА сопряжено с дополнительными трудностями при планировании операций ИВ, вызванными структурной динамикой данного взаимодействия.

В работе [2] определены основные проблемы, возникающие при планировании межспутникового информационного обмена. В отличие от классической задачи распределения ресурсов в информационно-вычислительной сети, в кластере МКА необходимо учитывать:

- ограниченные интервалы времени для передачи информации между МКА, а также с МКА – на пункты приема данных ДЗЗ Единой территориально-распределенной информационной сети, создание которой завершилось в декабре 2015 года;

- изменяющуюся пропускную способность межспутниковых каналов связи, обусловленную изменяющимся взаимным расположением МКА и объектов зондирования (ОЗ);

- значительное повышение объема данных ДЗЗ;

– дестабилизирующие факторы космического пространства и энергетические ограничения при функционировании кластера МКА и реализации межспутниковых каналов связи.

Задача планирования операций ИВ кластера МКА ДЗЗ в условиях его структурной динамики в статической постановке, предложенной в работах [3–5], имеет вид:

$$\alpha_3 \alpha_2 \sum_{\rho=1}^p \lambda_{\rho} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L \sum_{d \in D_{ip}} g_{ipdk} - \alpha_3 \alpha_1 \sum_{\rho=1}^p \gamma_{\rho} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L z_{ipk} - \alpha_4 \nu \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\left(\sum_{j \in N_i^+} x_{ij\rho k} - \sum_{j \in N_i^-} x_{jipk} \right) + (y_{ipk} - y_{ip(k-1)}) + \sum_{d \in D_{ip}} g_{ipdk} + z_{ipk} = I_{ipk}; \quad (2)$$

$$\nu - \sum_{\rho=1}^p \sum_{j=1}^n r_{ij\rho} \sum_{k=1}^L x_{ij\rho k} - \sum_{\rho=1}^p \pi_{ip} \sum_{k=1}^L \sum_{d \in D_{ip}} g_{ipdk} - v_i = R_{0i}, \quad i \in N; \quad (3)$$

$$y_{ipk} + \eta_{ik} = V_i, \quad i \in N, \rho \in P, k = 1, \dots, L; \quad (4)$$

$$0 \leq \sum_{\rho=1}^p \frac{x_{ij\rho k}}{\omega_{ij\rho k}} \leq t_k - t_{k-1}; \quad 0 \leq \sum_{d \in D_{ip}} \sum_{\rho=1}^p \frac{g_{ipdk}}{\phi_{ipdk}} \leq t_k - t_{k-1}; \quad (5)$$

$$0 \leq \sum_{d \in D_{ip}} \sum_{l=1}^{N_w^k} \frac{g_{ij\rho dk}}{\phi_{ij\rho dk}} + \sum_{l=2}^{N_w^k} \frac{x_{i_{l-1}i\rho k}}{\omega_{i_{l-1}i\rho k}} \leq t_k - t_{k-1}, \quad i \in N, \rho \in P, k = 1, \dots, L; \quad (6)$$

$$y_{ipk} \geq 0, \quad z_{ipk} \geq 0, \quad v_i \geq 0, \quad \eta_{ik} \geq 0, \quad \nu \geq 0, \quad i \in N, \rho \in P, k = 1, \dots, L. \quad (7)$$

Указанная задача может решаться методами последовательного улучшения планов с двусторонними ограничениями на искомые переменные. Задачу (1)–(7) в обобщенном виде можно представить следующим образом:

$$c \cdot \delta \rightarrow \max, \quad (8)$$

$$A \cdot \delta = b, \quad (9)$$

$$0 \leq \delta \leq \delta^0, \quad (10)$$

где c – вектор целевой функции;

A, b – матрица и вектор системы технологических, технических и ресурсных ограничений;

δ – план операций съема, передачи, обработки, хранения, потерь информационных потоков;

δ^0 – вектор прямых ограничений на переменные δ .

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ

Специфика целевого функционирования кластера МКА ДЗЗ требует учета внешних деструктивных возмущений и заблаговременного формирования устойчивого плана операций ИВ.

Устойчивость кластера МКА ДЗЗ, как любой военной технической системы (ВТС), прежде всего определяется эффективностью выполнения задач по целевому предназначению в условиях непрогнозируемых деструктивных возмущений, таких как отказ бортовых средств МКА, влияние космических факторов и целенаправленные воздействия противника по функциональным элементам кластера. В этом случае устойчивость таких систем определяется [7]:

- технической надежностью составляющих систему элементов;
- устойчивостью структуры ИВ кластера МКА;
- особенностями технологии решения целевых задач;

– алгоритмами управления системой в нештатных ситуациях.

Традиционным путем повышения устойчивости ВТС являются повышение надежности функционирования технических элементов системы, повышение помехозащищенности каналов связи. Вместе с тем необходимость первоочередного учета для военных систем непрогнозируемых деструктивных воздействий требует системного рассмотрения вопросов совершенствования структуры, развития устойчивых технологий решения целевых задач, определения рационального состава алгоритмов управления (оперативного планирования, коррекции плана, оперативного управления и др.).

Система может обладать свойством функциональной деградации, постепенно увеличивающейся по мере увеличения тяжести неблагоприятных последствий. Для каждого уровня таких последствий необходимо уметь оперативно и максимально эффективно использовать сохранившиеся ресурсы для выполнения целевых задач с учетом изменения стратегии функционирования в зависимости от целевых задач кластера МКА ДЗЗ. При этом можно различать два способа обеспечения устойчивости: за счет имеющейся избыточности; за счет перераспределения функций и задач, решаемых системой, между ее элементами. Первый способ обеспечивает структурную устойчивость кластера МКА, а второй – функциональную.

Для рационального построения алгоритмов управления военно-технической системой применяются алгоритмические методы. Специфика кластера МКА ДЗЗ такова, что обеспечение его устойчивого целевого функционирования заключается прежде всего в реализации заложенных в систему резервов без привлечения внешних ресурсов. Таким образом, создается основа для заблаговременного определения способов и выделения средств, позволяющих компенсировать последствия возможных неблагоприятных воздействий. Такие способы принято называть коррекциями, под которыми понимается пересмотр результатов расчета программ управления (планов), отражающий изменение обстановки реализации программ вследствие возникновения неблагоприятных воздействий.

Поскольку различают коррекцию программы управления и коррекцию по конечному состоянию, причем последняя представляет собой, по существу, полное перепланирование операций управления, то разрабатываемая модель планирования операций устойчивого ИВ должна базироваться на принципах коррекции программы управления. В условиях неблагоприятных воздействий стохастического характера решение задач коррекции по программе управления может проводиться на основе моделей двухэтапного стохастического выбора или стохастических моделей с компенсацией невязок [8]. Основным содержанием данной задачи является получение такого плана (нахождение такого решения), который с учетом последующей его коррекции, вызванной необходимостью компенсации невязок – нарушения ограничений, выявленных после наблюдения состояния среды, позволил бы минимизировать затраты на эту коррекцию (компенсацию). Тогда содержанием первого этапа является разработка программы управления, а содержание второго этапа заключается в коррекции (компенсации невязок) плана по результатам наблюдений за состоянием среды.

Рассмотрим случай, когда множество возможных стохастических неблагоприятных воздействий на систему $\Omega = \{\omega_l, l \in N_{otk}\}$ конечно. Тогда вероятностная структура на множестве $\Omega = \{\omega_l, l \in N_{otk}\}$ задается множеством пар

$$\left\{ (\omega_l, P_l), P_l \geq 0, l \in N_{otk}, \sum_{l \in N_{otk}} P_l = 1 \right\},$$

где ω_l – l -е состояние среды;

P_l – вероятность l -го состояния.

В качестве неблагоприятных воздействий для задачи планирования операций ИВ кластера МКА ДЗЗ в рамках данной работы будем рассматривать только однократные воздействия, приво-

дящие к одиночным независимым отказам функциональных элементов кластера МКА. В этом случае число решений (число возможных коррекций) второго этапа конечно и равно числу возможных состояний $m = \text{card } N_{otk} \leq n$. В таких условиях поставленная задача компенсации неблагоприятных воздействий, формируемая на основе задачи (8)–(10), примет следующий общий вид [8]:

$$c\delta - \sum_{l \in N_{otk}} P_l q(\omega_l) h(\omega_l) \rightarrow \max, \tag{11}$$

$$A(\omega_l)\delta + B(\omega_l)h(\omega_l) = b(\omega_l), l \in N_{otk}, P_l \geq 0, \sum_{l \in N_{otk}} P_l = 1, \tag{12}$$

$$\delta \geq 0, \tag{13}$$

- где c – вектор целевой функции;
 A, b – матрица и вектор системы ограничений;
 δ – искомый устойчивый план;
 P_l – вероятности нахождения среды в состоянии ω_l ;
 $h(\omega_l)$ – коррекция (компенсация невязок) решения δ в состоянии ω_l ;
 $B(\omega_l)$ – матрица условий проведения коррекции в состоянии ω_l ;
 $q(\omega_l)$ – затраты на проведение коррекции в состоянии ω_l ;
 N_{otk} – индексы возможных состояний среды;
 ω_l – наблюдаемое состояние среды, которое на этапе планирования неизвестно.

При этом матрица условий задачи (11)–(13) будет иметь вид

$$\left| \begin{array}{cccc} A_1 & B_1 & 0 & \dots\dots\dots 0 \\ A_2 & B_2 & & \dots\dots\dots 0 \\ \dots\dots\dots & & & \dots\dots\dots \\ A_m & 0 & 0 & \dots\dots\dots B_m \end{array} \right| ,$$

где $A_l = A(\omega_l), B_l = B(\omega_l)$, т.е. она будет иметь блочно-диагональную структуру с левым окаймлением. В простейшем случае [8] матрицы компенсаций (после соответствующей перестановки строк и столбцов) примут вид $B_l = \|E, -E\|$, тогда задачу (11)–(13) можно представить следующим образом:

$$c\delta - \sum_{l \in N_{otk}} P_l \cdot (q_l^+ h_l^+ + q_l^- h_l^-) \rightarrow \max$$

$$A_l \delta + h_l^+ - h_l^- = b_l, l \in N_{otk},$$

$$\delta, h_l^+, h_l^- \geq 0, l \in N_{otk},$$

$$P_l \geq 0, \sum_{l \in N_{otk}} P_l = 1,$$

- где h_l^+, h_l^- – векторы, компенсирующие невязку;
 q_l^+, q_l^- – штрафы за компенсацию.

С учетом структуры ограничений и целевой функции (1)–(7) задача двухэтапного стохастического программирования для рассмотренного простейшего случая может быть описана следующей моделью:

$$\begin{aligned} & \alpha_3 \alpha_2 \sum_{\rho=1}^p \lambda_{\rho} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L \sum_{d \in D_{ip}} g_{ipdk} - \alpha_3 \alpha_1 \sum_{\rho=1}^p \gamma_{\rho} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L z_{ipk} - \alpha_4 v - \\ & - \sum_{l \in N_{otk}} P_l \cdot \left(\sum_{\rho=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L q_{ipk}^{\mu+} \mu_{ipk}^{l+} + \sum_{i=1}^n q_i^{v+} v_i^{l+} + \sum_{\rho=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L q_{ipk}^{\eta+} \eta_{ipk}^{l+} + \sum_{\rho=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^L q_{ijpk}^{\omega+} \omega_{ijpk}^{l+} + \right. \\ & \left. + \sum_{\rho=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L q_{ipk}^{\mu-} \mu_{ipk}^{l-} + \sum_{i=1}^n q_i^{v-} v_i^{l-} + \sum_{\rho=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^L q_{ipk}^{\eta-} \eta_{ipk}^{l-} + \sum_{\rho=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^L q_{ijpk}^{\omega-} \omega_{ijpk}^{l-} \right) \rightarrow \max, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & \left(\sum_{j \in N_i^+} x_{ijpk} - \sum_{j \in N_i^-} x_{jikp} \right) + (y_{ipk} - y_{ip(k-1)}) + \sum_{d \in D_{ip}} g_{ipdk} + z_{ipk} + \mu_{ipk}^{l+} - \mu_{ipk}^{l-} = \varepsilon_i^l I_{ipk}, \\ & i \in N, l \in N_{otk}, \rho \in P, k = 1, \dots, L, \end{aligned} \quad (15)$$

$$v - \sum_{\rho=1}^p \sum_{j=1}^n r_{ij\rho} \sum_{k=1}^L x_{ijpk} - \sum_{\rho=1}^p \pi_{i\rho} \sum_{k=1}^L \sum_{d \in D_{ip}} g_{ipdk} + v_i^{l+} - v_i^{l-} = \varepsilon_i^l R_{0i}; \quad i \in N, l \in N_{otk}, \rho \in P, \quad (16)$$

$$y_{ipk} + \eta_{ipk}^{l+} - \eta_{ipk}^{l-} = \varepsilon_i^l Y_i; \quad i \in N, l \in N_{otk}, \rho \in P, k = 1, \dots, L, \quad (17)$$

$$x_{ijpk} + \omega_{ijpk}^{l+} - \omega_{ijpk}^{l-} = \varepsilon_i^l \varepsilon_j^l \omega_{ij\rho} \cdot (t_k - t_{k-1}), \quad i, j \in N, l \in N_{otk}, \rho \in P, k = 1, \dots, L. \quad (18)$$

В описанной выше модели двухэтапного стохастического программирования введены следующие обозначения:

ε_i^l – матрица, которая отражает выход из строя элементов кластера,

$$\varepsilon_i^l = \begin{cases} 0, & \text{если } i = l \\ 1, & \text{если } i \neq l \end{cases}, \quad i \in N, l \in N_{otk}, (\varepsilon = \|\varepsilon_i^l\|); \quad (19)$$

δ – искомый устойчивый план информационного взаимодействия кластера МКА,

$$\delta = \left\| x_{ij\rho 1} \ x_{ij\rho 2} \dots x_{ij\rho L} \mid g_{ip1} \ g_{ip2} \dots g_{ipL} \mid y_{ip1} \ y_{ip2} \dots y_{ipL} \mid z_{ip1} \ z_{ip2} \dots z_{ipL} \mid v \right\|^T; \quad (20)$$

b – вектор ограничений,

$$b = \left\| I_{111} I_{211} \dots I_{n\rho L} \mid R_{01} R_{02} \dots R_{0n} \mid Y_1 Y_2 \dots Y_n \cdot Y_1 Y_2 \dots Y_n \mid \omega_{ij\rho} \cdot (t_1 - t_0) \ \omega_{ij\rho} \cdot (t_2 - t_1) \dots \omega_{ij\rho} \cdot (t_L - t_{L-1}) \right\|^T; \quad (21)$$

c – вектор целевой функции,

$$c = \left\| 00 \dots 0 \mid \alpha_3 \ \alpha_2 \lambda_1 \dots \alpha_3 \ \alpha_2 \lambda_p \mid 00 \dots 0 \mid -\alpha_3 \ \alpha_1 \gamma_1 \dots -\alpha_3 \ \alpha_1 \gamma_p \mid -\alpha_4 \right\|^T; \quad (22)$$

h_i^+, h_i^- – вектора, компенсирующие невязки,

$$h_i^+ = \left\| \mu_{ip1}^{l+} \dots \mu_{ipL}^{l+} \mid v_1^{l+} \dots v_n^{l+} \mid \eta_{ip1}^{l+} \dots \eta_{ipL}^{l+} \mid \omega_{ij\rho 1}^{l+} \dots \omega_{ij\rho L}^{l+} \right\|, \quad (23)$$

$$h_l^- = \left\| \mu_{ip1}^{l-} \dots \mu_{ipL}^{l-} \left| v_1^{l-} \dots v_n^{l-} \right| \eta_{ip1}^{l-} \dots \eta_{ipL}^{l-} \left| \omega_{ijp1}^{l-} \dots \omega_{ijpL}^{l-} \right. \right\|; \quad (24)$$

q_l^+ , q_l^- – вектора штрафов за компенсацию невязок,

$$q_l^+ = \left\| q_{ip1}^{l\mu+} \dots q_{ipL}^{l\mu+} \left| q_1^{lv+} \dots q_n^{lv+} \right| q_{ip1}^{l\eta+} \dots q_{ipL}^{l\eta+} \left| q_{ijp1}^{l\omega+} \dots q_{ijpL}^{l\omega+} \right. \right\|, \quad (25)$$

$$q_l^- = \left\| q_{ip1}^{l\mu-} \dots q_{ipL}^{l\mu-} \left| q_1^{lv-} \dots q_n^{lv-} \right| q_{ip1}^{l\eta-} \dots q_{ipL}^{l\eta-} \left| q_{ijp1}^{l\omega-} \dots q_{ijpL}^{l\omega-} \right. \right\|. \quad (26)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен подход к решению задачи моделирования устойчивого ИВ кластера МКА ДЗЗ в условиях неблагоприятных воздействий стохастического характера. Разработанная модель позволяет учесть конечное число одиночных независимых деструктивных воздействий на элементы кластера при выборе плана его устойчивого ИВ с учетом минимизации затрат на компенсацию таких воздействий.

Список используемых источников

1. Малые космические аппараты информационного обеспечения / под ред. В.Ф. Фатеева. – М.: Радиотехника, 2010. – 320 с.
2. Широбоков В.В., Басыров А.Г. Применение технологии распределенных вычислений для обработки информации в орбитальной группировке микроспутников // Тезисы докладов третьей международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли» / ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ». – С. 62.
3. Модифицированная модель гибкого перераспределения технологических операций информационного взаимодействия / А.Н. Павлов, Д.А. Павлов, Б.В. Москвин, К.Л. Григорьев // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57, № 11. – С. 25–29.
4. Алешин Е.Н., Павлов Д.А. Модель планирования гибкого перераспределения операций управления между элементами и подсистемами АСУ КС с уточненными временными ограничениями // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014. – Вып. 642. – С. 7–9.
5. Павлов Д.А. Выравнивание энергетических нагрузок между функциональными элементами сложных технических систем при планировании операций их информационного взаимодействия // Информатизация и связь – 2015. – Вып. №2. – С. 17–22.
6. Ackoff R.L. The Art of Problem Solving // Wiley-Interscience. – New York, 1978.
7. Военная системотехника и системный анализ: учебник / А.Н. Павлов, Б.В. Москвин, Б.В. Соколов, Д.Н. Верзилин; под ред. А.Н. Павлова. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010. – 251 с.
8. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. – М.: Сов. радио, 1979. – 392 с.

А.А. Хаматов

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В рамках современных требований к автономности космических аппаратов в данной работе обоснована необходимость совершенствования процессов диагностирования бортовой аппаратуры космических аппаратов на основе применения нечеткой логики. Предложена математическая постановка задачи диагностирования бортовой аппаратуры космического аппарата. Разработан алгоритм диагностирования бортовой аппаратуры космического аппарата на примере бортового ретранслятора космического аппарата связи.

Ключевые слова: диагностирование, нечеткая логика, достоверность диагностирования.

ВВЕДЕНИЕ

Автономность космического аппарата (КА) – это комплексное свойство, характеризующее способность КА функционировать в течение определенного интервала времени с заданным уровнем эффективности без связи с наземным комплексом управления (НКУ) или другими орбитальными средствами. Автономность оказывает существенное влияние на боевые возможности КА. Степень автономности КА можно определить с помощью количественной оценки выполняемых автономно функций, таких как целевое применение, навигация и управление движением, командно-программное обеспечение и других, среди которых важную роль играет диагностирование бортовой аппаратуры (БА) КА [1].

К основным направлениям повышения эффективности перспективных КА можно отнести: увеличение срока их автономного функционирования, сокращение количества сеансов телеконтроля, а также задач информационно-телеметрического обеспечения (ИТО), решаемых в НКУ и обеспечение высокого уровня достоверности диагностирования [2], который для сложных технических систем такого типа может находиться в пределах 0,95–0,997 [3].

В настоящее время для диагностирования БА КА используются алгоритмы, основанные на опросе датчиков и последующем сравнении полученных значений диагностических параметров (ДП) с допусками [4].

Проведенный анализ отказов изделий космической техники, выявленных за последние несколько лет на этапе целевого функционирования, показывает, что правильно определить технический диагноз (ТД) удастся не более чем в 75–80% случаев [5 и 6].

Основной причиной невысокой достоверности диагностирования БА КА является функционирование в условиях недостатка требуемой информации (т.е. в условиях информационной неопределенности). Источниками данной неопределенности являются: неточность измерений реальных физических величин входных и выходных сигналов; ошибки задания допусков на ДП; невозможность полного и точного описания систем и процессов из-за их сложности; неполнота контроля технического состояния БА КА, не позволяющая определить все значимые ее свойства; случайный характер входных сигналов, внешних возмущающих воздействий. Все технические состояния (ТС) объекта представляют собой случайные события, обусловленные случайностью появления отказов отдельных элементов. Для полного описания их априорных статистических данных может оказаться недостаточно [5].

Решение задачи диагностирования усложняется на этапах автономного функционирования. Используемые алгоритмы диагностирования при возникновении нештатной ситуации на борту КА не всегда с требуемой достоверностью позволяют определить место отказа, и КА, в целях предотвращения серьезных последствий, выходит из целевых режимов работы до мо-

мента очередного сеанса связи с НКУ. При этом время восстановления работоспособности КА может достигать нескольких часов. Данное обстоятельство снижает эффективность применения КА в целом [2].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Задача диагностирования БА КА в условиях автономного функционирования отличается трудностью формализации, высокими значениями размерности и наличием существенной информационной неопределенности. Данные факты говорят о сложности ее решения в рамках традиционных подходов и о необходимости использования современных методов искусственного интеллекта [1].

Различные ТД, а также соответствующие им значения ДП в зависимости от близости к границам допусков можно оценить лингвистически. Такой подход позволяет использовать для решения задачи диагностирования БА КА в указанных условиях аппарат нечеткой логики. Основным достоинством нечеткой логики является возможность предоставления знаний и способов принятия решения человеком [5], что особенно актуально для диагностирования автономно функционирующих КА.

Предлагается следующая математическая постановка рассматриваемой задачи.

Дано:

C – объект диагностирования, реальный бортовой комплекс (БК) из состава БА КА, например бортовой ретранслятор КА связи;

D – достоверность диагностирования БК C ;

$A(C) = \langle X, Y, Y^*, Q, Q_{\text{ТД}}^*, f, \varphi, \Omega \rangle$ – модель объекта диагностирования БК C ;

X – множество команд управления БК C , $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_B \}$;

Y – множество ДП БК C , $Y = \{ y_1, y_2, \dots, y_G \}$;

Y^* – множество лингвистических переменных, характеризующих показания ДП на предмет соответствия допускам, $Y^* = \{ y_1^*, y_2^*, \dots, y_G^* \}$, $y_g^* = (R_g, Y_g, M_g)$, где $R_g = \{ r_{g1}, r_{g2}, \dots, r_{gL_g} \}$ – множество термов лингвистической переменной y_g^* (например, норма, не норма и др.); Y_g – область определения показаний ДП y_g ; $M_g = \{ \mu_{g1}, \mu_{g2}, \dots, \mu_{gL_g} \}$ – множество функций принадлежности термов лингвистической переменной y_g^* ;

Q – множество состояний БА, $Q = Q_{\text{рф}} \cup Q_{\text{ТД}}$, причем $Q_{\text{рф}} = \{ q_{\text{рф}1}, q_{\text{рф}2}, \dots, q_{\text{рф}N} \}$ – множество режимов функционирования, $Q_{\text{ТД}} = \{ q_{\text{ТД}1}, q_{\text{ТД}2}, \dots, q_{\text{ТД}Z} \}$ – множество ТД;

$Q_{\text{ТД}}^*$ – множество нечетких переменных, характеризующих ТД, $Q_{\text{ТД}}^* = \{ q_{\text{ТД}1}^*, q_{\text{ТД}2}^*, \dots, q_{\text{ТД}Z}^* \}$, $q_{\text{ТД}z}^* = (Z, \mu_{\text{ТД}z})$, где Z – область определения нечеткой переменной $q_{\text{ТД}z}^*$ (например, $[0,1]$); $\mu_{\text{ТД}z}$ – функция принадлежности нечеткой переменной $q_{\text{ТД}z}^*$;

$f: Q_{\text{рф}} \times X \rightarrow Q_{\text{рф}}$ – функция переходов;

$\varphi: Q \rightarrow Y$ – функция выходов;

Ω – априорные данные о погрешностях задания допусков и измерения ДП.

Требуется:

определить любое состояние из множества Q ;

обеспечить условие наблюдаемости каждого состояния и требуемый уровень достоверности диагностирования, $D \geq 0,95$.

Ограничения:

множественные отказы, а также отказы, не соответствующие множеству $Q_{\text{ТД}}$, маловероятны. Данные отказы должны быть учтены в $Q_{\text{ТД}}$ как один элемент;

при наличии отказа в процессе диагностирования значения ДП в одном и том же режиме функционирования не изменяются.

Задача однозначного определения любого состояния из множества Q в общем случае решается с помощью обратной функции выходов $\varphi^{-1}: Y \rightarrow Q$ в предположении, что каждый ДП из Y находится в границах заранее определенного допуска. Такой подход объективен при условии, что границы допусков заданы строго и используется равномерный закон распределения значений ДП внутри допусков. Однако наличие априорных данных Ω говорит о том, что значения ДП внутри допусков могут распределяться по нормальному закону [3] (рис. 1).

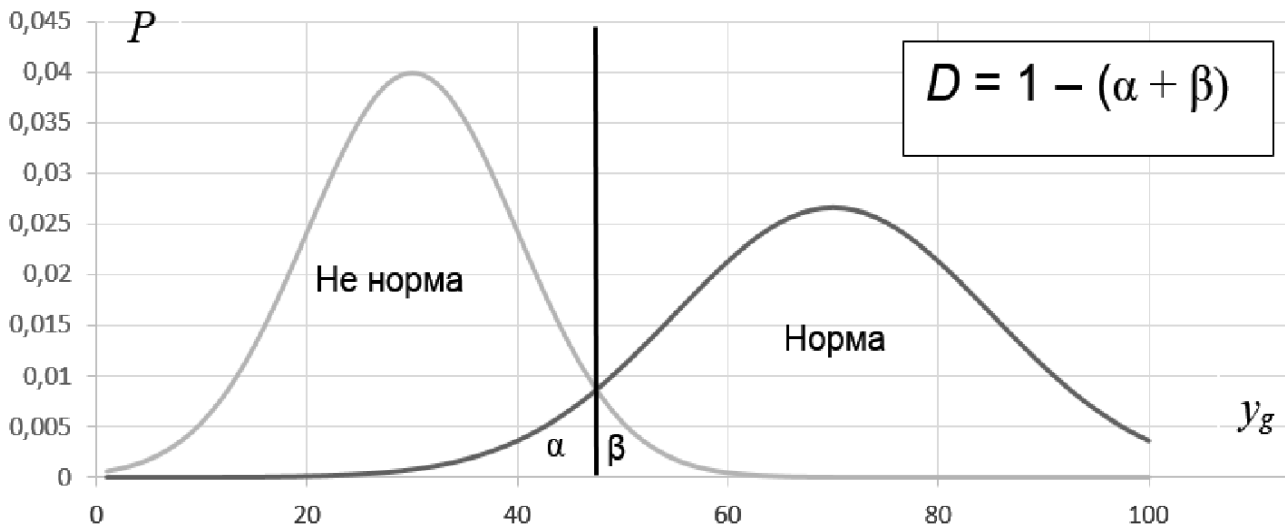


Рис.1. Графики функций плотности нормального распределения ДП y_g для двух допусковых интервалов

Тогда при определении состояния из множества Q возникает информационная неопределенность, вызванная наличием ошибок первого (α) и второго рода (β), которые влияют на достоверность диагностирования D . Плотности вероятности указанных ошибок имеют максимальные значения на границе допускового интервала. При этом для значений ДП, которые находятся в середине допусков, достоверность диагностирования может быть вполне приемлема, но для значений ДП, которые находятся вблизи границ допусков, достоверность диагностирования снижается и не всегда удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Конкретные значения ошибок первого и второго рода в зависимости от близости к границе допускового интервала достаточно сложно получить на практике [5]. Данный факт затрудняет достоверное диагностирование традиционными методами.

В рамках условий приведенной постановки задачи с учетом наличия проблемы неопределенности решение задачи однозначного определения состояния из множества Q предполагается осуществить с помощью нечеткой логики. При диагностировании на основе нечеткой логики достоверность можно определить как максимальное значение функции принадлежности $\mu_{\text{ТДз}}$ [5]:

$$D_z = \max_{z \in Z} \mu_{\text{ТДз}}(z) . \quad (1)$$

При этом решение о текущем ТД принимается посредством функционального диагностирования при $D \geq 0,95$. При отсутствии хотя бы одного ТД или наличии двух и более ТД, удовлетворяющих данному условию, принимается решение о проведении тестового диагностирования для уточнения ТД в других режимах работы БА. Переход в конкретный режим определяется по специальным правилам. Тестовое диагностирование заканчивается при по-

лучении решения о конкретном ТД, иначе оно будет продолжаться, пока не будут пройдены все основные режимы работы БА. Если в результате тестового диагностирования становится известным, что отсутствует хотя бы один ТД или имеются два и более ТД, то принимается решение о ТД, который не входит в множество $Q_{\text{тд}}$ совсем или входит как маловероятный отказ. Ввиду маловероятности таких событий целесообразно не перегружать алгоритм диагностирования дополнительными процедурами, а возложить последующее диагностирование на НКУ. Если в НКУ будет принято решение о конкретном ТД, входящем в множество $Q_{\text{тд}}$, то можно предположить, что априорно заданная информация о погрешностях задания допусков и измерения ДП Ω изменилась и алгоритм диагностирования подлежит соответствующей коррекции.

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОРТОВОГО РЕТРАНСЛЯТОРА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Основными этапами алгоритма диагностирования БР являются [7]:

1. Анализ исходных данных.
2. Предварительное построение базы нечетких правил на основе экспертных знаний и априорной информации.
3. Предварительный выбор алгоритма нечеткого вывода.
4. Измерение значений ДП.
5. Нечеткий вывод.
6. Расчет достоверности диагностирования для найденного значения ТД.
7. Принятие решение о ТД, продолжении диагностирования или вызове НКУ.

Шаг 1. Анализ исходных данных.

Бортовой ретранслятор (БР) устанавливается на КА связи военного и двойного назначения. БР служит для приема и передачи полученных радиосигналов наземным станциям и другим КА [8]. На рис. 2 представлена структурная схема БР.

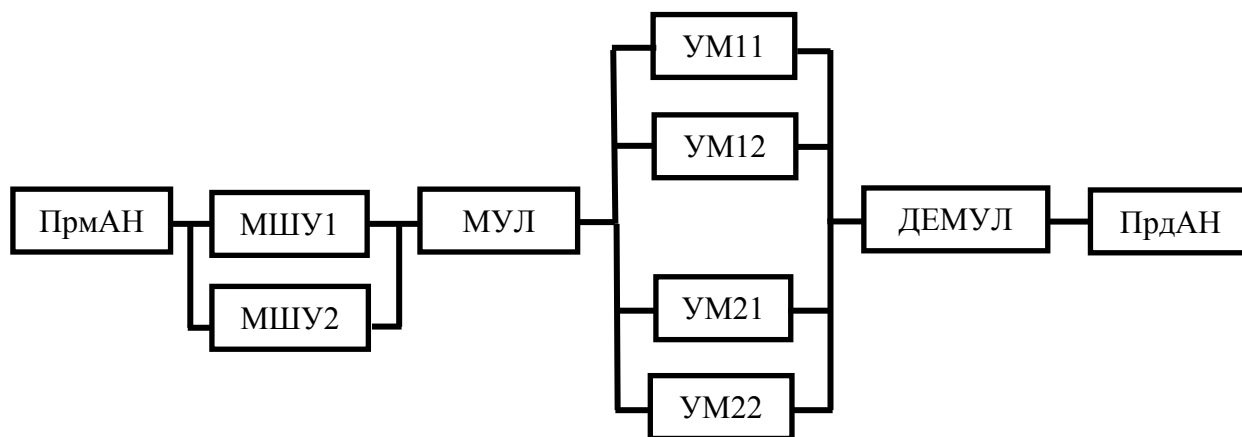


Рис.2. Структурная схема БР

Перечень приборов, входящих в состав БР, включает в себя:

- приемную антенну (ПрмАН);
- два комплекта малошумящего усилителя (МШУ1, МШУ2);
- мультиплексор (МУЛ);
- два комплекта усилителя мощности первого ствола (УМ11, УМ12);
- два комплекта усилителя мощности второго ствола (УМ21, УМ22);
- демуплексор (ДЕМУЛ);

– передающую антенну (ПрдАН).

Далее приводятся следующие множества: ДП первого ствола БР – в табл. 1; режимов функционирования первого ствола БР – в табл. 2; ТД первого ствола БР – в табл. 3.

Таблица 1

Диагностические параметры первого ствола бортового ретранслятора

ДП	Наименование	Допуски на значения ДП	Семантическая нагрузка
у ₁	Контроль включения БР и МШУ	0	Выключены
		1	Включены
у ₂	Комплект МШУ	0	Подключен первый комплект
		1	Подключен второй комплект
у ₃	Выходная мощность МШУ, мВт	0	Нет сигнала
		≥ 15 и ≤ 20	Сигнал
		> 0 и < 15 , или > 20	Не норма
у ₄	Комплект УМ1	0	Подключен первый комплект
		1	Подключен второй комплект
у ₅	Контроль включения УМ1	0	Включен
		1	Выключен
у ₆	Выходная мощность УМ1, Вт	0	Нет сигнала
		≥ 5 и ≤ 7	Сигнал
		> 0 и < 5 , или > 7	Не норма

Таблица 2

Режимы функционирования первого ствола бортового ретранслятора

Режим	Содержание
q _{рф1}	БР и МШУ выключены; подключен МШУ 1; подключен УМ 11; УМ 1 выключен
q _{рф2}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 1; подключен УМ 11; УМ 1 выключен
q _{рф3}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 1; подключен УМ 11; УМ 1 включен
q _{рф4}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 1; подключен УМ 12; УМ 1 выключен
q _{рф5}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 1; подключен УМ 12; УМ 1 включен
q _{рф6}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 2; подключен УМ 11; УМ 1 выключен
q _{рф7}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 2; подключен УМ 11; УМ 1 включен
q _{рф8}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 2; подключен УМ 12; УМ 1 выключен
q _{рф9}	БР и МШУ включены; подключен МШУ 2; подключен УМ 12; УМ 1 включен

Таблица 3

Технические диагнозы первого ствола бортового ретранслятора

Технический диагноз	Содержание
q _{тд1}	БР работоспособен
q _{тд2}	Отказ УМ 11
q _{тд3}	Отказ УМ 12
q _{тд4}	Отказ датчика мощности УМ1
q _{тд5}	Отказ МШУ 1
q _{тд6}	Отказ МШУ 2
q _{тд7}	Отказ датчика мощности МШУ
q _{тд8}	Маловероятный отказ

Таблица 4

Фрагмент функции выходов первого ствола БР

Состояния первого ствола бортового ретранслятора									Диагностические параметры					
Режимы функционирования	Технические диагнозы								У ₁	У ₂	У ₃	У ₄	У ₅	У ₆
	q _{тд1}	q _{тд2}	q _{тд3}	q _{тд4}	q _{тд5}	q _{тд6}	q _{тд7}	q _{тд8}						
q _{рф1}	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	0	0	нет сигнала	0	0	нет сигнала
	нет	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	0	0	сигнал	0	0	нет сигнала
	нет	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	0	0	не норма	0	0	нет сигнала
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	0	0	нет сигнала	0	0	сигнал
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	0	0	сигнал	0	0	сигнал
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	0	0	не норма	0	0	сигнал
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	0	0	нет сигнала	0	0	не норма
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	0	0	сигнал	0	0	не норма
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	0	0	не норма	0	0	не норма
q _{рф2}	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	1	0	сигнал	0	0	нет сигнала
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	1	0	сигнал	0	0	сигнал
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	1	0	нет сигнала	0	0	сигнал
	да	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	1	0	нет сигнала	0	0	нет сигнала
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	1	0	нет сигнала	0	0	не норма
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	1	0	сигнал	0	0	не норма
	нет	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	1	0	не норма	0	0	нет сигнала
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	1	0	не норма	0	0	сигнал
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	1	0	не норма	0	0	не норма
q _{рф3}	да	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	1	0	сигнал	0	1	сигнал
	да	нет	нет	нет	да	нет	нет	нет	1	0	нет сигнала	0	1	нет сигнала
	нет	да	нет	да	нет	нет	да	нет	1	0	сигнал	0	1	нет сигнала
	нет	да	нет	да	нет	нет	да	нет	1	0	нет сигнала	0	1	сигнал
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	1	0	сигнал	0	1	не норма
	нет	да	нет	да	нет	нет	нет	нет	1	0	нет сигнала	0	1	не норма
	нет	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	1	0	не норма	0	1	сигнал
	нет	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	1	0	не норма	0	1	нет сигнала
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	1	0	не норма	0	1	не норма

Фрагмент функции выходов первого ствола БР приведен в табл. 4.

Шаг 2. Построение базы нечетких правил.

Основой для формирования базы нечетких правил является обратная от представленной функции выходов.

2.1. Определение структуры нечеткого правила.

В качестве структуры правила предлагается использовать следующую:

Если y_1^* это r_{1l} , и y_2^* это r_{2l} , и ... y_G^* это r_{Gl} ,
то $q_{тд 1}$ это $r_{тд1}$, и $q_{тд 2}$ это $r_{тд2}$, ... и $q_{тд z}$ это $r_{тдz}$.

2.2. Определение входных переменных: количества входов, количества терм на каждый вход, построения функций принадлежности (ФП) термов.

Количество входов базы правил соответствует количеству ДП и равно шести, количество терм соответствует количеству допусков на каждый ДП согласно табл. 1.

В качестве ФП входных терм ДП функционального типа на начальном этапе исследования целесообразно применить кусочно-линейные ФП [9], при построении которых использовать априорные данные о погрешностях. Кусочно-линейные ФП позволят смоделировать у границ допусков неопределенность, близкую к реальной.

Для ДП цифрового и сигнального типов конкретный вид ФП не имеет значения, основное условие при их построении состоит в том, чтобы они не имели общих точек.

2.3. Определение выходных переменных: количества выходов, количества термов на каждый выход, построения ФП терм.

Количество выходов соответствует количеству ТД, причем каждому выходу будет соответствовать только одна терма. В качестве ФП выходных терм можно взять функции, в которых значение ФП будет равно значению выходной переменной.

Для построения базы нечетких правил была использована среда программирования MATLAB. На рис. 3 представлен интерфейс редактора систем нечеткого вывода.

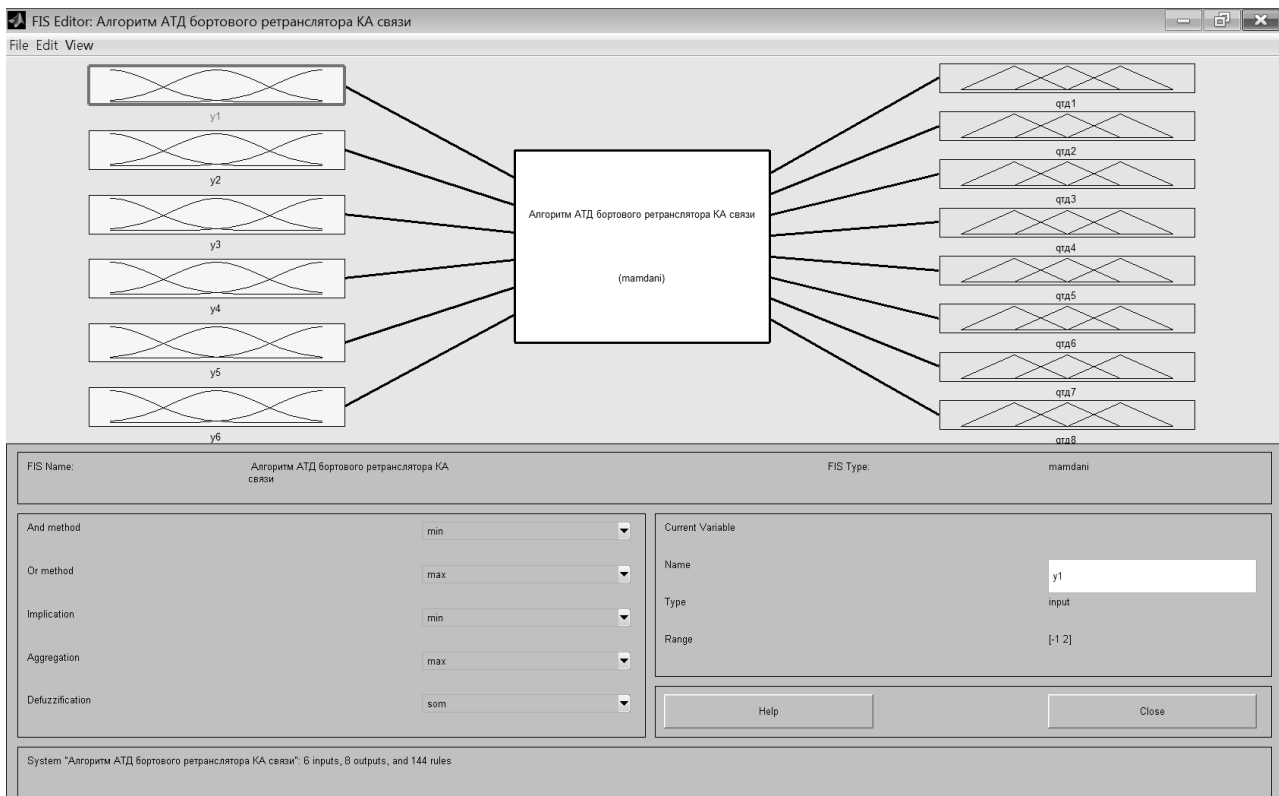


Рис.3. Главный интерфейс редактора систем нечеткого вывода

2.4. Построение базы и ее оптимизация по количеству правил.

На рис. 4 представлен редактор правил системы нечеткого вывода.

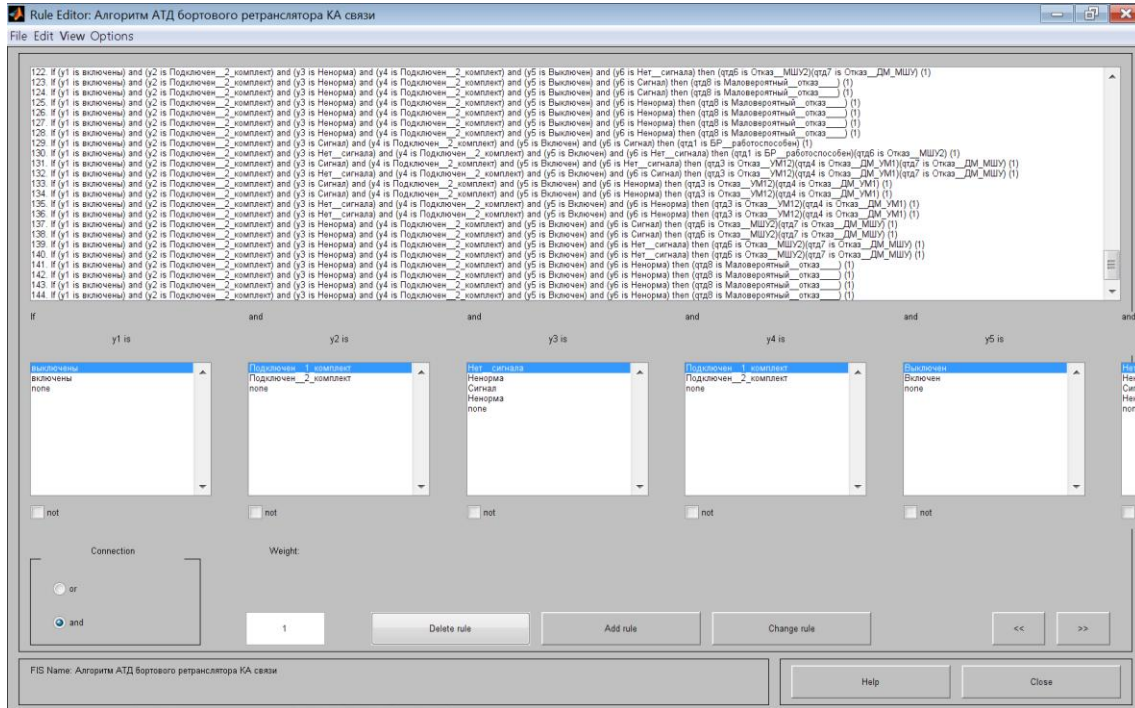


Рис.4. Редактор правил системы нечеткого вывода

Шаг 3. Предварительный выбор алгоритма нечеткого вывода.

В качестве основы для алгоритма нечеткого вывода целесообразно использовать алгоритм Мамдани, который относительно часто применяется на практике, показывает наименьшее отклонение от средних выходных значений и имеет относительную простоту формирования заключений по каждому правилу [10].

Шаг 4. Измерение значений ДП.

Значения ДП измеряются с помощью датчиков типа «сухой контакт», «электронный ключ», а также аналоговых.

Шаг 5. Нечеткий вывод.

На данном шаге происходит непосредственное определение текущего ТД.

5.1. Фаззификация значений ДП в нечетких правилах.

Фаззификация значений ДП происходит путем вычисления значения функции принадлежности μ_{gl} от значения соответствующего ДП y_g .

5.2. Агрегирование подусловий в нечетких правилах.

Для нахождения степени истинности условий каждого из правил используется логическая операция «И». При этом правила, степень истинности которых отлична от нуля, считаются активными.

5.3. Активизация подзаключений в нечетких правилах.

Активизация подзаключений выполняется с помощью *min*-активизации.

5.4. Аккумулятивное заключение нечетких правил.

Аккумулятивное заключение нечетких правил выполняется с помощью *max*-объединения.

5.5. Дефаззификация значения ТД в нечетких правилах.

В соответствии с видом ФП выходных терм этап дефаззификации необходимо проводить способом первого максимума.

На рис. 5 представлено окно программы просмотра нечеткого вывода.

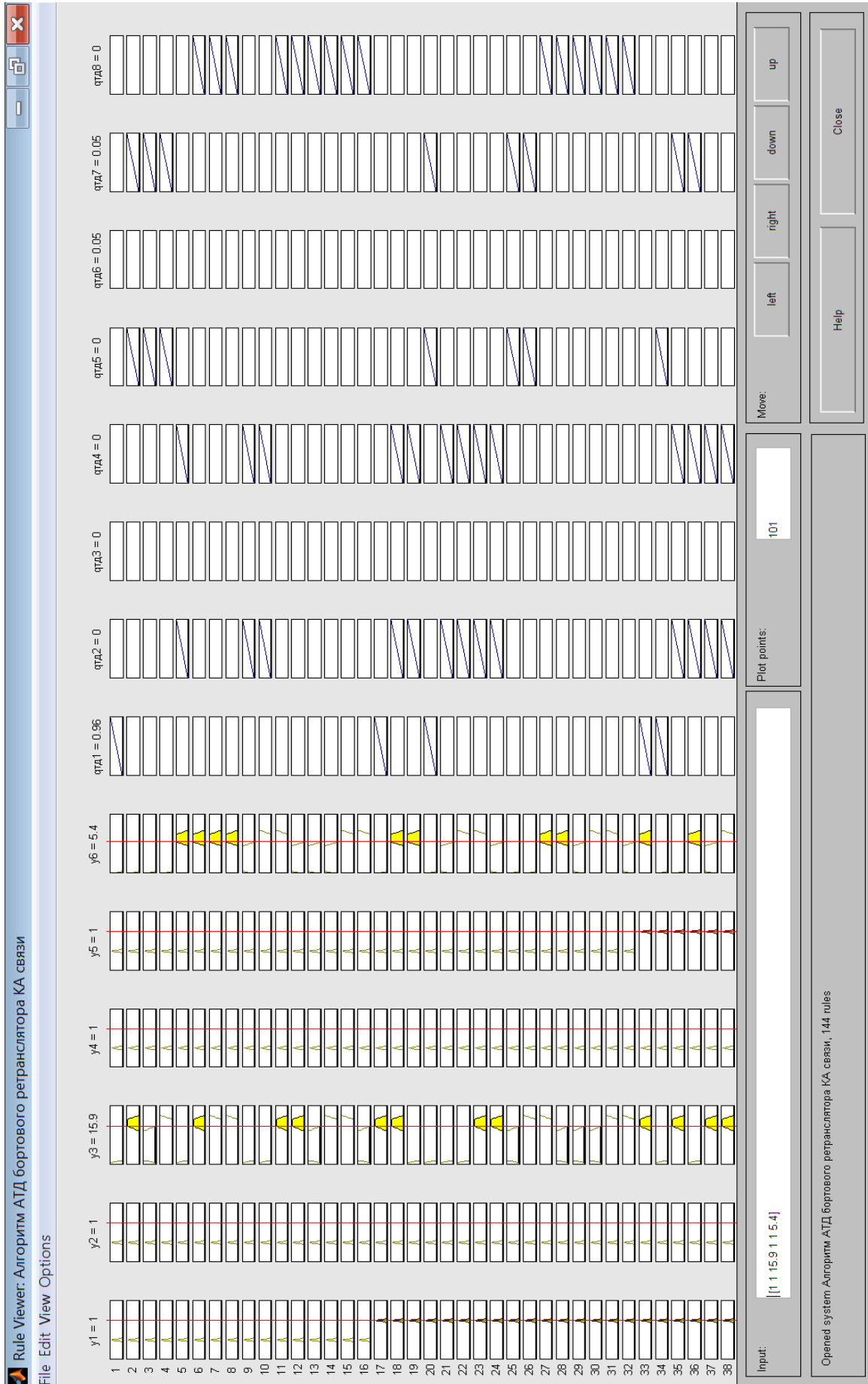


Рис. 5. Окно программы просмотра нечеткого вывода

Шаг 6. Расчет достоверности диагностирования для найденных значений ТД.

Достоверность диагностирования рассчитывается по формуле (1).

Шаг 7. Принятие решения о ТД, продолжении диагностирования или вызове НКУ.

Если выявлен только один ТД, достоверность которого $D_z \geq 0,95$, то принимается решение о соответствующем ТД.

Если выявлено несколько ТД, достоверность которых $D_z \geq 0,95$ или $D_z < 0,95$, принимается решение о продолжении диагностирования, и БР переходит в другой режим функционирования, а алгоритм возвращается к шагу 3.

Решение о вызове НКУ принимается, если при обходе всех основных режимов работы не было принято решение о ТД.

На рис. 6 показан алгоритм диагностирования БР на основе нечеткой логики.

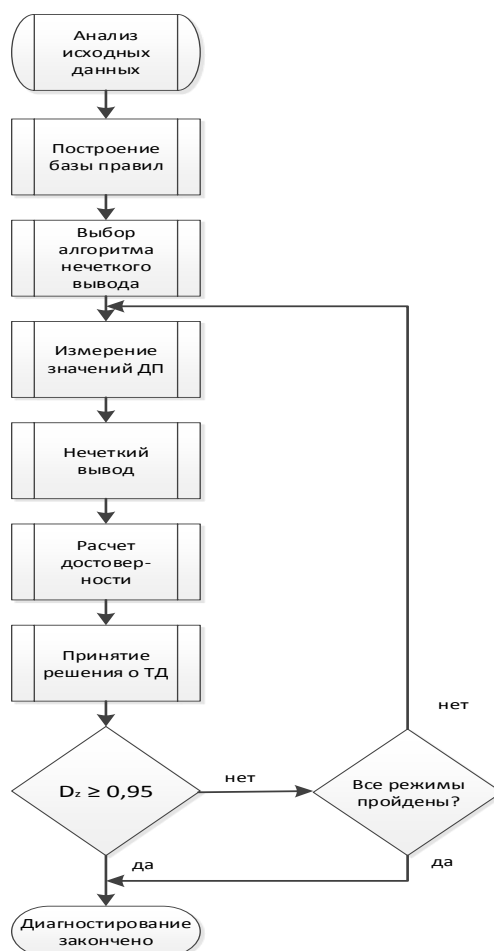


Рис.6. Алгоритм диагностирования БР на основе нечеткой логики

РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Результаты имитационного моделирования по проверке работы алгоритма диагностирования БР приведены в табл. 5.

В соответствии с ограничениями на множественные отказы в ходе имитационного моделирования технические диагнозы с достоверностью, равной 0, исключались из числа возможных.

Имитационное моделирование состоит из трех этапов, причем 3-й этап – из трех шагов.

На 1-м этапе были смоделированы значения ДП, указанные в строке 1, которые соответствуют режиму функционирования $q_{рф3}$. Результат нечеткого вывода показал, что БР имеет единственный ТД $q_{тд1}$ с достоверностью, равной 1. Принято решение, что БР работоспособен.

На 2-м этапе были смоделированы новые значения ДП, указанные в строке 2. При этом достоверность ТД $q_{тд1}$ определена как 0,95, а достоверности ТД $q_{тд2}$ и $q_{тд4}$ – как 0,06. Принято решение, что БР работоспособен.

На первом шаге 3-го этапа были смоделированы значения ДП, указанные в строке 4. При этом для ТД $q_{тд1}$, $q_{тд5}$ и $q_{тд7}$ достоверность составила 0,5, а для $q_{тд2}$, $q_{тд4}$ и $q_{тд8}$ – 0,08. Принято решение об отказе и переходе на тестовое диагностирование для уточнения ТД.

На первом шаге 3-го этапа был смоделирован переход БР в режим функционирования $q_{рф5}$. При этом результаты нечеткого вывода показали, что ТД $q_{тд6}$ и $q_{тд7}$ имеют достоверность 0,93, а $q_{тд8}$ – 0,08 (достоверность ТД $q_{тд6}$ на предыдущем шаге составляла 0, поэтому он исключался из дальнейшего рассмотрения). Принято решение на продолжение тестового диагностирования.

На третьем шаге 3-го этапа был смоделирован переход БР в режим функционирования $q_{рф1}$. При этом результаты нечеткого вывода показали, что ТД $q_{тд5}$ и $q_{тд7}$ имеют достоверность, равную 1. Так как достоверность ТД $q_{тд5}$ на предыдущем шаге составляла 0, то он исключался из дальнейшего рассмотрения. Принято решение об отказе датчика МШУ.

Таблица 5

Результаты имитационного моделирования

№ этапа	Моделируемые значения ДП						Режим работы	Результат нечеткого вывода (достоверность ТД)								Решение
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6		$q_{тд1}$	$q_{тд2}$	$q_{тд3}$	$q_{тд4}$	$q_{тд5}$	$q_{тд6}$	$q_{тд7}$	$q_{тд8}$	
1	1	0	17	0	1	6	$q_{рф3}$	1	0	0	0	0	0	0	0	БР работоспособен
2	1	0	18	0	1	5,31	$q_{рф3}$	0,95	0,06	0	0,06	0	0	0	0	БР работоспособен
3.1	1	0	20	0	1	5,3	$q_{рф3}$	0,5	0,08	0	0,08	0,5	0	0,5	0,08	Отказ, тестовое диагностирование
3.2	1	1	22	0	1	5,3	$q_{рф5}$	0	0	0	0	0	0,93	0,93	0,08	Отказ, тестовое диагностирование
3.3	0	0	1	0	0	0	$q_{рф1}$	0	0	0	0	1	0	1	0	Отказ датчика МШУ

Анализ результатов имитационного моделирования показал, что разработанный алгоритм обеспечивает диагностирование БР с достоверностью 0,95.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В рамках современных требований к автономности космического аппарата обоснована необходимость совершенствования процессов диагностирования БА КА на основе применения нечеткой логики.

2. Предложена математическая постановка задачи диагностирования БА КА.

3. Разработан алгоритм диагностирования БР КА связи на основе нечеткой логики. Основные его особенности: учет специфики диагностирования БА КА в условиях автономного функционирования, сохранение исходной размерности используемой математической модели объекта диагностирования, а также возможность принятия достоверного решения о ТД без использования вероятностей ошибок первого и второго рода, которые достаточно сложно получить на практике.

4. Предложена программная реализация алгоритма диагностирования БР КА связи на основе нечеткой логики в среде MATLAB, показывающая, что разработанный алгоритм обеспечивает диагностирование с достоверностью, равной 0,95.

Список используемых источников

1. *Ефимов В.В.* Нейроподобные сети в бортовых информационно-управляющих комплексах летательных аппаратов. – СПб.: ВИККА им. А.Ф. Можайского, 1996. – 113 с.

2. Управление космическими аппаратами и средствами наземного комплекса управления: учебник / Ю.С. Мануйлов, В.Н. Калинин, В.С. Гончаревский и др. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010. – 346 с.

3. Метрологическое обеспечение эксплуатации вооружения и военной техники: учебник / под ред. д-ра техн. наук А.Н. Миронова. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2009. – 755 с.

4. Современная телеметрия в теории и на практике: учеб. курс / А.В. Назаров, Г.И. Козырев, И.В. Шитов и др. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 672 с.

5. *Полянский В.И.* Нечеткие множества в моделях и методах диагностирования сложных технических систем: моногр. – М.: Полиграф-сервис, 2010. – 242 с.

6. Теоретические основы и методы оптимизации анализа технического состояния систем: моногр. / В.В. Мышко, А.Н. Кравцов, Е.В. Копкин, В.А. Чикуров. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. – 303 с.

7. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения: моногр. / С.Л. Блюмин, И.В. Черпаков, И.А. Шуйкова, Г.В. Сараев. – Липецк: ЛЭГИ, 2002. – 112 с.

8. *Орлов А.Г., Севастьянов Н.Н.* Бортовой ретрансляционный комплекс (БРК) спутника связи. Принципы работы, построение, параметры / науч. ред. В.Н. Бранец. – Томск : Издательский Дом Томского гос. у-та, 2014. – 208 с.

9. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

10. Системы искусственного интеллекта: учеб. пособие / А.Н. Адаменко, С.В. Войцеховский, Р.И. Компаниец и др. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. – 291 с.

В.С. Бахолдин,
кандидат техн. наук, доцент;
Д.А. Гаврилов,
кандидат техн. наук;
В.А. Добриков,
кандидат техн. наук, доцент;
В.Ф. Иванов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ BPSK-СИГНАЛОВ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Представлены результаты сравнения способов обнаружения BPSK-сигналов глобальных навигационных спутниковых систем с использованием когерентного и некогерентного накопления. Приведены аналитические соотношения, описывающие статистические характеристики обнаружения. Проанализированы характеристики обнаружения BPSK-сигнала стандартной точности системы ГЛОНАСС с использованием различных видов обнаружителей.

Ключевые слова: глобальная навигационная спутниковая система, сигнал стандартной точности, обнаружение BPSK-сигналов, когерентное и некогерентное накопления, вероятность ложной тревоги, вероятность правильного обнаружения, порог обнаружения, обнаружитель типа « M из N ».

ВВЕДЕНИЕ

Обнаружение навигационных сигналов в приемнике глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) представляет собой процесс, основной целью которого является установление факта наличия в наблюдаемой входной реализации сигнала некоторого спутника с определенными временем запаздывания и частотой.

В настоящей работе приводится сравнительный анализ способов обнаружения BPSK-сигналов ГНСС. Представлены схемы обнаружителей BPSK-сигналов и рассмотрены статистические характеристики обнаружения сигнала стандартной точности (СТ) ГЛОНАСС. Кроме того, показано, что при приеме слабых сигналов добиться улучшения характеристик обнаружения можно либо путем увеличения времени накопления сигнала, либо путем использования последовательного обнаружителя.

СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ BPSK-СИГНАЛОВ

Модель дискретизированного BPSK-сигнала одного спутника на входе обнаружителя представим в виде

$$r[n] = Ac[n - \tau_0]d[n - \tau_0] \cos[2\pi F_{D,0}n + \varphi_0] + \eta[n], \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала;
 $c[n - \tau_0]$ – дальномерный код;
 $d[n - \tau_0]$ – навигационное сообщение;
 τ_0 – нормированное к шагу дискретизации время запаздывания сигнала, при этом $\tau_0 = \tau/T_s$;
 $F_{D,0}$ – нормированная к частоте дискретизации частота сигнала, определяемая по выражению $F_{D,0} = (f_{\text{ПР}} + f_d)T_s$;
 $f_{\text{ПР}}$ – промежуточная частота;
 f_d – доплеровский сдвиг частоты;

- ϕ_0 – случайная начальная фаза;
 $\eta[n]$ – дискретный шум с дисперсией $\sigma_\eta^2 = N_0 \Delta f_{\text{ПР}}$;
 $\Delta f_{\text{ПР}}$ – ширина полосы пропускания аналогового тракта.

Все схемы поиска и обнаружения ГНСС-приемников основаны на оценке и обработке взаимной функции неопределенности (ВФН), которая может быть определена как

$$Y(\tau, F_D) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} r[n] r^*[n, \tau, F_D], \quad (2)$$

- где $r^*[n, \tau, F_D]$ – генерируемая в приемнике копия сигнала, она определяется соотношением $r^*[n, \tau, F_D] = c[n - \tau] \exp(-j2\pi F_D n)$;
 τ, F_D – кодовая задержка и частота доплера того сигнала, который проверяется на наличие во входной смеси;
 N – число отсчетов входного сигнала, определяющее время накопления.

При вычислении ВФН полученный сигнал $r[n]$ раскладывается на две квадратуры частоты F_D . При этом формируются два новых сигнала:

$$\begin{aligned}
 Y_C(n, F_D) &= r[n] \cos(2\pi F_D n), \\
 Y_S(n, F_D) &= r[n] \sin(2\pi F_D n).
 \end{aligned}$$

Далее сигналы $Y_C(n, F_D)$ и $Y_S(n, F_D)$ умножаются в приемнике на копию сигнала, воспроизводящую принимаемый дальномерный код $c[n - \tau]$. В результате формируются сигналы:

$$\begin{aligned}
 Y'_C(n, \tau, F_D) &= r[n] \cos(2\pi F_D n) c[n - \tau], \\
 Y'_S(n, \tau, F_D) &= r[n] \sin(2\pi F_D n) c[n - \tau].
 \end{aligned}$$

Каждая пара значений F_D и τ , задаваемая в соответствии со стратегией поиска, определяет ячейку пространства поиска, в которой происходит обнаружение сигнала.

Сигналы $Y'_C(n, \tau, F_D)$ и $Y'_S(n, \tau, F_D)$ затем накапливаются в сумматорах, в результате чего формируются синфазная и квадратурная составляющие сигнала коррелятора:

$$\begin{aligned}
 Y_I(\tau, F_D) &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} Y'_C(n, \tau, F_D), \\
 Y_Q(\tau, F_D) &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} Y'_S(n, \tau, F_D).
 \end{aligned} \quad (3)$$

Величина времени когерентного накопления $T_C = NT_s$ обычно выбирается кратной периоду дальномерного кода. Предельное значение времени когерентного накопления ограничивается возможностью изменения фазы дальномерного кода на противоположную при достижении границы информационного символа.

Два компонента уравнения (3) представляют собой действительную и мнимую части ВФН, которые в результате дают комплексную величину

$$Y(\tau, F_D) = Y_I(\tau, F_D) + jY_Q(\tau, F_D),$$

соответствующую выражению (2).

Для устранения влияния случайности начальной фазы входного сигнала далее получают модуль комплексного значения ВФН, определяемой (2). В этом случае значение функции в ячейке пространства поиска описывается выражением

$$S(\tau, F_D) = \left| \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} r[n] c[n - \tau] \exp(-j2\pi F_D n) \right|. \quad (4)$$

Тогда огибающая $S(\tau, F_D)$ в ячейке пространства поиска определяется в виде

$$S(\tau, F_D) = \sqrt{Y_I^2(\tau, F_D) + Y_Q^2(\tau, F_D)}. \quad (5)$$

По рассчитанному значению огибающей ВФН принимается решение об обнаружении сигнала спутника в ячейке пространства поиска.

На рис. 1 изображена схема обнаружителя, в котором выполняются только когерентное накопление и формирование огибающей ВФН.

Поскольку время когерентного накопления BPSK-сигналов ограничено длительностью информационного символа, то для улучшения характеристик обнаружения могут также использоваться и другие виды накопления сигнала, например некогерентное [3].

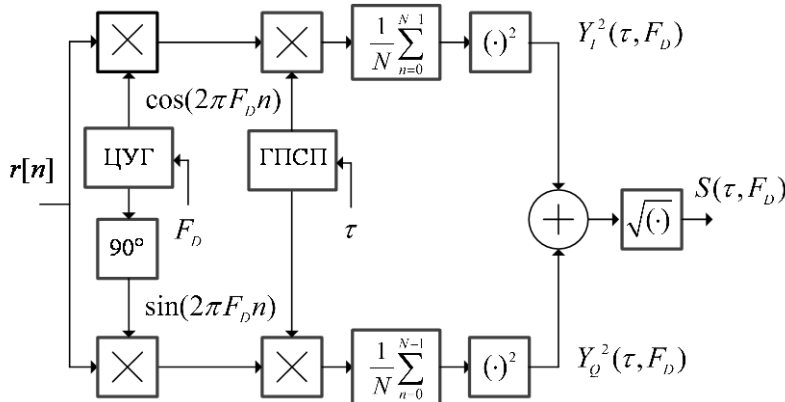


Рис. 1. Схема обнаружителя с когерентным накоплением

При некогерентном накоплении в каждой ячейке пространства поиска накапливаются результаты работы коррелятора. В этом случае окончательное решение получается в виде

$$S(\tau, F_D) = \sum_{k=0}^{K-1} S_k(\tau, F_D) = \sum_{k=0}^{K-1} \sqrt{Y_{I,k}^2(\tau, F_D) + Y_{Q,k}^2(\tau, F_D)},$$

где K – число некогерентных накоплений.

На рис.2 представлена схема обнаружителя с некогерентным накоплением.

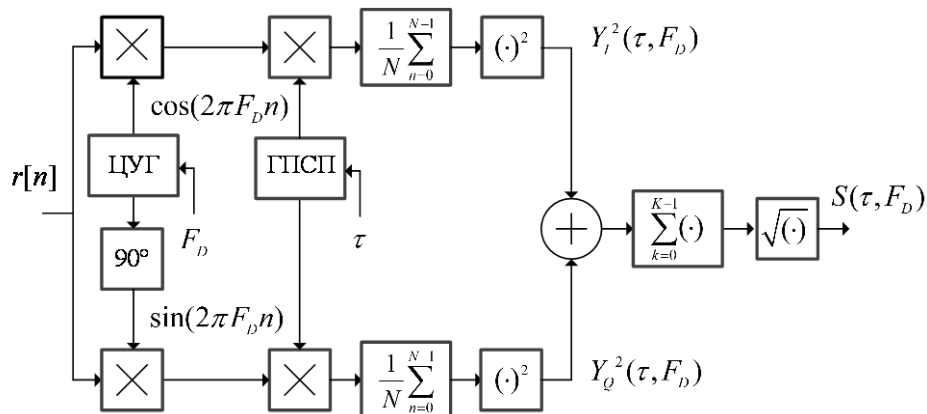


Рис. 2. Схема обнаружителя с некогерентным накоплением

Выражения, описывающие сигналы на выходах корреляторов при различных видах накопления, являются определяющими для расчета соответствующих статистических характеристик обнаружения.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ BPSK-СИГНАЛОВ

При использовании только когерентного накопления (см. рис. 1) значение, получаемое в каждой ячейке пространства поиска, определяется уравнением (4) и величина $S(\tau, F_D)$, опре-

деляемая выражением (5), представляет собой модуль комплексной случайной величины с независимыми гауссовскими действительными и мнимыми частями. Дисперсии вещественной и мнимой частей комплексной случайной величины определяются соотношением

$$M[(Y_I(\tau, F_D) - M[Y_I(\tau, F_D)])^2] = M[(Y_Q(\tau, F_D) - M[Y_Q(\tau, F_D)])^2] = \frac{\sigma_n^2}{2N} = \sigma_n^2.$$

Если сигнал отсутствует или генерируемая в приемнике копия не синхронизирована по времени запаздывания и/или по частоте (гипотеза H_0), то $M[Y_I(\tau, F_D)] = M[Y_Q(\tau, F_D)] = 0$. Следовательно, в соответствии с правилами преобразования случайных величин сумма квадратов двух независимых гауссовских случайных величин с нулевым средним и одинаковыми дисперсиями приводит к χ^2 случайной величине с двумя степенями свободы, а отсчеты огибающей узкополосного шума, формируемые по правилу $\sqrt{Y_I^2(\tau, F_D) + Y_Q^2(\tau, F_D)}$, распределены по закону Рэлея

$$p_n(x | H_0) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma_n^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_n^2}\right), & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases}$$

Путем интегрирования находим вероятность ложной тревоги:

$$P_{fa} = \int_{\beta}^{\infty} p_n(x) dx = \int_{\beta}^{\infty} \frac{x}{\sigma_n^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_n^2}\right) dx = \exp\left(-\frac{\beta^2}{2\sigma_n^2}\right).$$

С помощью этого соотношения при заданных вероятности ложной тревоги и дисперсии шума получим выражение для порога

$$\beta = \sigma_n \sqrt{-2 \ln P_{fa}}.$$

Если сигнал присутствует и копия сигнала синхронизирована по времени запаздывания и по частоте (гипотеза H_1), величины $Y_I(\tau, F_D)$ и $Y_Q(\tau, F_D)$ уже не являются случайными величинами с нулевым средним значением. В работах [2, 3] показано, что при использовании модели сигнала (1) и в предположении, что $F_D = F_{D,0}$ и $\tau = \tau_0$, справедливы соотношения:

$$M[Y_I(\tau, F_D)] = \frac{A}{2} \cos(\varphi_0),$$

$$M[Y_Q(\tau, F_D)] = \frac{A}{2} \sin(\varphi_0).$$

Дисперсии рассматриваемых случайных процессов $Y_I(\tau, F_D)$ и $Y_Q(\tau, F_D)$ остаются прежними. То есть $Y_I(\tau, F_D)$ и $Y_Q(\tau, F_D)$ представляют собой две случайные гауссовские величины с ненулевыми математическими ожиданиями и известной дисперсией σ_n^2 .

Согласно правилам преобразования случайных величин огибающая в данном случае распределена по закону Райса:

$$p_s(x | H_1) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma_n^2} \exp\left(-\frac{x^2 + \lambda^2}{2\sigma_n^2}\right) I_0\left(\frac{x\lambda}{\sigma_n^2}\right), & x \geq 0, \\ 0, & x < 0, \end{cases}$$

где λ – параметр смещения, $\lambda = \sqrt{M^2[Y_I(\tau, F_D)] + M^2[Y_Q(\tau, F_D)]} = A/2$;

$I_0(\cdot)$ – модифицированная функция Бесселя первого рода и нулевого порядка.

Тогда вероятность правильного обнаружения определяется выражением

$$P_d = \int_{\beta}^{\infty} \frac{x}{\sigma_n^2} \exp\left(-\frac{x^2 + \lambda^2}{2\sigma_n^2}\right) I_0\left(\frac{x\lambda}{\sigma_n^2}\right) dx.$$

Перейдя к нормированной переменной $t = x/\sigma_n$, получим

$$P_d = \int_b^{\infty} t \exp\left(-\frac{1}{2}\left(t^2 + \left(\frac{\lambda}{\sigma_n}\right)^2\right)\right) I_0\left(t \frac{\lambda}{\sigma_n}\right) dt = Q(a, b),$$

где a – нормированное смещение, $a = \lambda/\sigma_n$;

b – нормированный порог, $b = \beta/\sigma_n$;

$Q(a, b)$ – обобщенная Q -функция Маркума, $Q(a, b) = \int_b^{\infty} t \exp\left(-\frac{t^2 + a^2}{2}\right) I_0(at) dt$.

Полученное выражение определяет характеристики обнаружения при использовании только когерентного накопления.

На рис. 3 показаны вероятности правильного обнаружения сигнала СТ ГЛОНАСС при использовании только когерентного накопления на различных временных интервалах при заданной вероятности ложной тревоги $P_{fa} = 10^{-3}$. Энергетические характеристики условий приема сигналов при расчетах определялись отношением мощности сигнала к мощности шума на входе приемника в полосе 1 Гц в виде $q = C/N_0$.

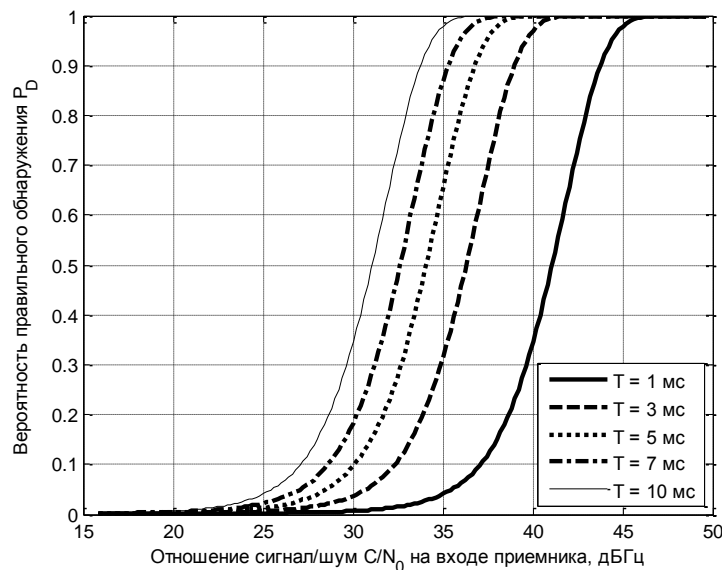


Рис. 3. Характеристики обнаружения сигнала СТ ГЛОНАСС при использовании когерентного накопления

Представленные графики показывают существенное улучшение характеристик обнаружения слабых сигналов при увеличении интервала когерентного накопления. Однако величина интервала когерентного накопления ограничена длительностью информационного символа, поскольку при переходе через границу символа фаза принимаемого сигнала может поменяться на противоположную, и процесс накопления прекратится. Поэтому в навигационной аппаратуре, как правило, реализуется комбинация когерентного и некогерентного накопления. В этом случае некогерентному накоплению подвергаются квадраты огибающей комплексного сигнала коррелятора

$$S(\tau, F_D) = \sum_{i=0}^{K-1} (Y_I^2(\tau, F_D) + Y_Q^2(\tau, F_D)),$$

где K – число периодов некогерентного накопления.

При отсутствии на входе приемника полезного сигнала или его несинхронности с генерируемой в приемнике копией сигнал на выходе некогерентного накопителя в ячейке поиска будет представлять собой сумму $2K$ случайных χ^2 -величин с одинаковыми дисперсиями и будет подчиняться центральному χ^2 распределению с $2K$ степенями свободы. В этом случае плотность вероятности накопленного сигнала определяется выражением

$$p_n(x | H_0) = \frac{1}{2^K \sigma_n^{2K} \Gamma(K)} x^{K-1} \exp\left(-\frac{x}{2\sigma_n^2}\right),$$

где $\Gamma(K)$ – гамма-функция, $\Gamma(K) = (K-1)!$.

Тогда вероятность ложной тревоги после преобразований приводится к виду

$$\begin{aligned} P_{fa} &= \int_{\beta}^{\infty} \frac{1}{2^K \sigma_n^{2K} (K-1)!} x^{K-1} \exp\left(-\frac{x}{2\sigma_n^2}\right) dx = \\ &= \frac{1}{(K-1)!} \int_h^{\infty} t^{K-1} \exp(-t) dt = \exp(-h) \sum_{i=0}^{K-1} \frac{1}{i!} (h)^i, \end{aligned} \quad (6)$$

где t – переменная интегрирования, $t = x/2\sigma_n^2$;

h – нормированный порог, $h = \beta/2\sigma_n^2$.

Значения вероятности ложной тревоги (6) можно вычислять по таблицам неполной гамма-функции, кроме этого для каждого конкретного числа накоплений K интеграл вычисляется аналитически [1]. Порог согласно критерию Неймана – Пирсона для заданной вероятности ложной тревоги вычисляется с использованием выражения (6) путем подбора.

Когда задержка и частота доплера копии сигнала соответствуют входному сигналу, $S(\tau, F_D)$ является асимметричной χ^2 случайной величиной с параметром асимметрии $\lambda_K = K\lambda = K \frac{A^2}{4}$. В этом случае плотность вероятности определяется выражением

$$p_n(x | H_1) = \frac{1}{\sigma_n^2} \left(\frac{\sqrt{x}}{\lambda_K}\right)^{K-1} \exp\left(-\frac{\lambda_K + x}{2\sigma_n^2}\right) I_{K-1}\left(\frac{\sqrt{\lambda_K x}}{\sigma_n}\right),$$

где $I_{K-1}(\cdot)$ – модифицированная функция Бесселя первого рода $K-1$ порядка.

Тогда вероятность правильного обнаружения будет определяться соотношением

$$P_{d,K} = \int_{\beta}^{\infty} p_S(x) dx = \int_{\beta}^{\infty} \frac{1}{\sigma_n^2} \left(\frac{\sqrt{x}}{\lambda_K}\right)^{K-1} \exp\left(-\frac{\lambda_K + x}{2\sigma_n^2}\right) I_{K-1}\left(\frac{\sqrt{\lambda_K x}}{\sigma_n}\right) dx.$$

Путем замены переменной интегрирования $t = x^2 \sigma_n^2$ предыдущее выражение преобразуется к виду

$$P_{d,K} = Q_K\left(\sqrt{\frac{\lambda_K}{\sigma_n^2}}, \sqrt{\frac{\beta}{\sigma_n^2}}\right),$$

где $Q_K(a, b)$ – обобщенная Q_K -функция Маркума, определяемая как

$$Q_K(a, b) = \frac{1}{a^{K-1}} \int_b^{\infty} t^K \exp\left(-\frac{a^2 + t^2}{2}\right) I_{K-1}(at) dt.$$

Полученное выражение определяет характеристики обнаружения при использовании комбинации когерентного и некогерентного накоплений.

На рис. 4 представлены рассчитанные характеристики обнаружения сигнала СТ ГЛОНАСС при использовании когерентного накопления на интервале $T=5$ мс для различного числа интервалов некогерентного накопления. Вероятность ложной тревоги при расчетах выбиралась следующей: $P_{fa} = 10^{-3}$. Представленные графики показывают прирост качества обнаружения слабых сигналов при увеличении числа интервалов некогерентного накопления, однако он менее выражен по сравнению с когерентным накоплением.

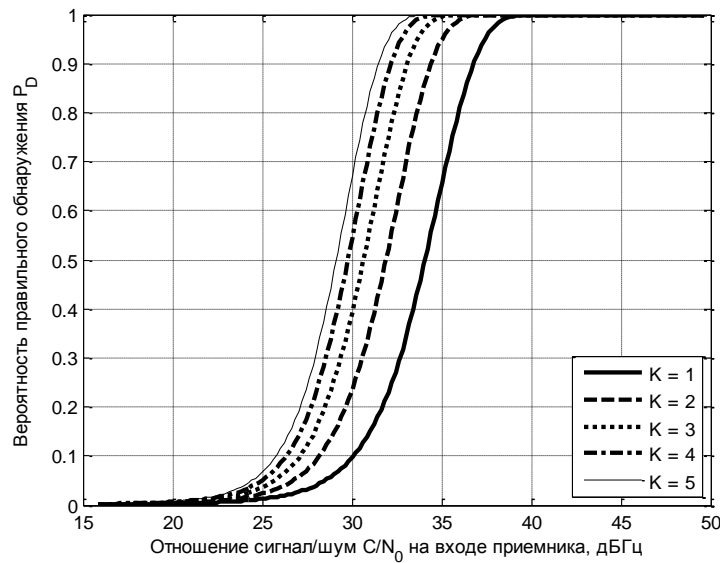


Рис. 4. Характеристики обнаружения сигнала СТ ГЛОНАСС при использовании комбинации когерентного и некогерентного накоплений, $T=5$ мс

На практике для обнаружения в том числе и слабых сигналов часто используется обнаружитель на фиксированном интервале времени наблюдения, называемый « M из N » обнаружителем. Рассматриваемый обнаружитель последовательно сравнивает содержимое каждой ячейки пространства поиска N раз с порогом для данной ячейки. Если число превышений порога больше или равно M , то сигнал считается обнаруженным. В противном случае сигнал считается необнаруженным, и процесс повторяется для следующей ячейки согласно стратегии поиска. Порог в данном обнаружителе устанавливается исходя из вероятности ложной тревоги аналогично тому, как это делалось выше.

Полные вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения при N испытаниях для рассматриваемого обнаружителя определяются выражениями [2]:

$$P_{FA} = \sum_{n=M}^N C_N^n P_{fa}^n (1 - P_{fa})^{N-n} = 1 - \sum_{n=0}^{M-1} C_N^n P_{fa}^n (1 - P_{fa})^{N-n},$$

$$P_D = \sum_{n=M}^N C_N^n P_d^n (1 - P_d)^{N-n} = 1 - \sum_{n=0}^{M-1} C_N^n P_d^n (1 - P_d)^{N-n},$$

где C_N^n – биномиальный коэффициент, $C_N^n = \frac{N!}{n!(N-n)!}$.

В соответствии с приведенными выражениями рассчитаны характеристики обнаружения для обнаружителя « M из N » при $N=14$ (рис. 5). При расчетах использовался когерентный

накопитель сигнала СТ ГЛОНАСС на интервале накопления $T = 5$ мс, вероятность ложной тревоги задавалась следующей: $P_f = 10^{-3}$.

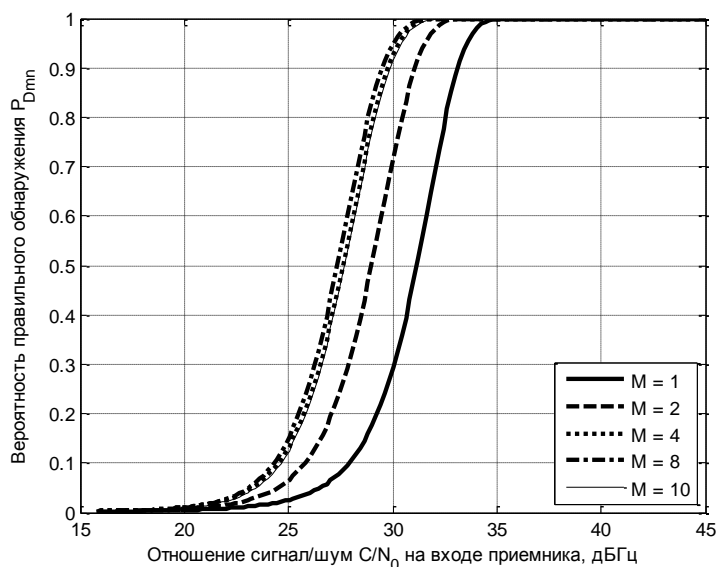


Рис. 5. Характеристики обнаружения сигнала СТ ГЛОНАСС обнаружителем « M из N », $T=5$ мс

Графики показывают дополнительное улучшение качества обнаружения навигационных сигналов по сравнению с предыдущим вариантом и наличие оптимального числа превышений порога $M=8$ при общем числе сравнений с порогом в ячейке поиска $N=14$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в статье результаты показывают, что при приеме слабых спутниковых навигационных сигналов целесообразно использовать обнаружители с комбинацией когерентного и некогерентного накоплений [4]. Дополнительного улучшения характеристик обнаружения слабых сигналов можно добиться при использовании последовательных обнаружителей типа « M из N ».

Приведенный в статье математический аппарат расчета статистических характеристик обнаружения спутниковых навигационных BPSK-сигналов может быть использован для анализа возможностей работы навигационной аппаратуры потребителей при различных условиях приема.

Список используемых источников

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под. ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – М.: Радиотехника, 2010.
2. Kaplan, Elliott D. Understanding GPS: Principles and Applications. – 2006, Artech House.
3. Borio D., O'Driscoll C., Lachapelle G. Coherent, noncoherent and differentially coherent combining techniques for acquisition of new composite GNSS signals // Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions. – 2009. – Vol. 45. – P. 1227–1240.
4. Применение нейропроцессора Л1879ВМ1 для поиска и обнаружения сигналов ГЛОНАСС/GPS / В.С. Бахолдин, И.С. Герасименко, В.А. Добриков и др. // Применение нейрокомпьютеров в ракетно-космической технике: сб. статей / под. ред. В.В. Ефимова. – М.: Радиотехника, 2006. – Кн. 21. – С. 95–99.

А.А. Ковальский,
кандидат техн. наук;
С.В. Терещенко,
кандидат военных наук;
А.А. Шаповалов,
кандидат военных наук

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ РАЗНОРОДНОГО ТРАФИКА В ЗЕМНЫХ СТАНЦИЯХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

В статье рассматривается организация статистического уплотнения разнородного трафика в каналообразующей аппаратуре земных станций спутниковой связи (ЗССС). Разработаны модели статистического уплотнения и алгоритмы диспетчеризации разнородного трафика с учетом приоритетов в обслуживании и нестационарности входящих информационных потоков. Проведено исследование зависимости увеличения пропускной способности ЗССС от применения технологии статистического уплотнения и изменения параметров качества обслуживания разнородного трафика.

Ключевые слова: статистическое уплотнение, диспетчеризация трафика, земная станция спутниковой связи.

ВВЕДЕНИЕ

Современные условия функционирования организационно-технических систем предъявляют повышенные требования к оперативности управления ими. Наилучшим средством обеспечения заданных требований в сложных условиях является применение сетей спутниковой связи (ССС) как основы подсистемы связи. При этом возрастающий уровень автоматизации управления приводит к значительному росту объемов передаваемых информационных потоков, а также качественному изменению их структуры. Структура трафика современных мультисервисных сетей включает одновременно передаваемые потоки речевой и видеоинформации, изображения, а также команды (сигналы) управления и т.п. Такие информационные потоки способствуют появлению существенно различающихся и все более жестких требований к качеству обслуживания. Но ограниченность частотно-временного энергетического ресурса (далее – радиоресурса) космических аппаратов связи (КАС), необходимость учета различных режимов эксплуатации земных станций спутниковой связи (ЗССС) не позволяют достигать необходимого качества только за счет экстенсивного наращивания орбитального ресурса и требуют принятия специальных мер для обеспечения заданной пропускной способности ССС в любых условиях обстановки.

При существующей технологии уплотнения трафика в ЗССС выделение радиоресурса происходит под пиковые значения интенсивности информационного потока без учета статистических характеристик мультисервисного трафика, что выражается в недоиспользовании радиоресурса при общем его дефиците. Поэтому особую актуальность приобретает задача обеспечения высокой пропускной способности военных сетей спутниковой связи при передаче мультисервисного трафика за счет учета его статистических характеристик и дифференциации качества обслуживания различных абонентов при уплотнении спутниковых радиолиний.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В состав каналообразующей аппаратуры ЗССС входят модемное оборудование с адаптивными режимами модуляции и помехоустойчивого кодирования, а также мультиплексор с технологией временного уплотнения каналов. Режимы работы модемного оборудования могут выбираться адаптивно или назначаться директивно, в зависимости от условий обстановки. К мультиплексору подключены сети доступа, состоящие из оконечных устройств-источников мультисервисного трафика. Мультиплексор формирует стандартные каналы связи, обеспечивая транспорт для передачи мультисервисного трафика, при этом конкретное число каналов зависит от режима работы модемного оборудования ЗССС.

Анализ статистических свойств разнородного трафика ЗСС позволил сделать вывод, что фактическая загрузка каналов спутниковой связи с учетом временных пауз не превышает в среднем 40%. Данный факт в первую очередь связан со спецификой работы телекоммуникационных служб (клиент-серверных приложений, IP-телефонии и других видов диалогового трафика). Наличие длительных временных пауз при работе различных приложений позволяет организовать дополнительные каналы (рис. 1), однако при этом качество передачи информации не должно опускаться ниже нормированных показателей, особенно для приоритетных абонентов ЗСС.

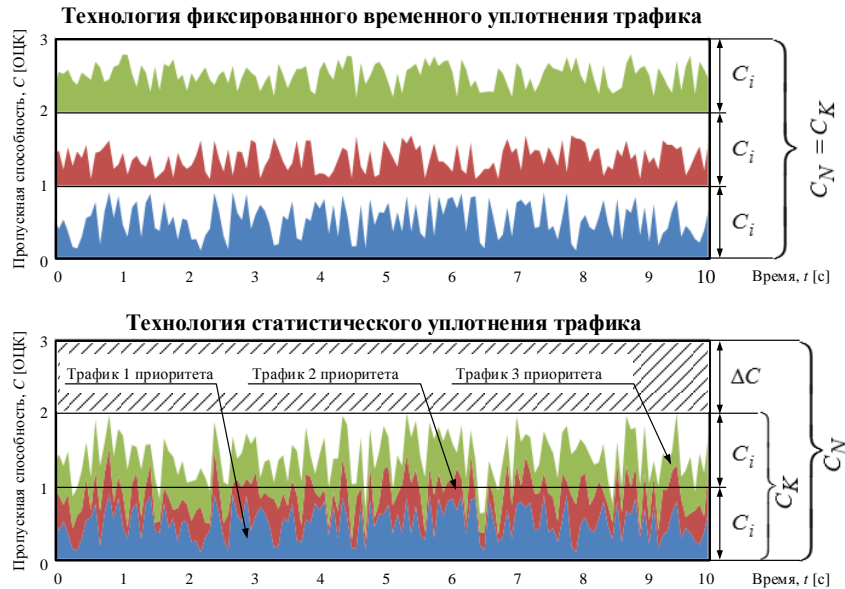


Рис. 1. Сравнение пропускной способности ЗСС при различных технологиях уплотнения трафика

Таким образом, возникает потребность в построении особого класса моделей, которые, с одной стороны, способны учитывать статистические свойства трафика, его разнородность и нестационарность, а с другой стороны, могут обеспечить требуемое качество обслуживания приоритетных источников.

Для оценки эффективности применения технологии статистического уплотнения трафика введен показатель качества – коэффициент уплотнения спутниковой радиолинии, который определяет отношение числа виртуальных (логических) каналов связи к числу стандартных физических каналов, формируемых типовым мультиплексором ЗСС. Тогда задача, формально, состоит в максимизации следующего показателя:

$$\rho = \frac{C_N}{C_K} = \frac{N}{K} \rightarrow \max_{\{M_{CV}, A_{ДП}\}} \begin{cases} P_{\Pi} \leq P_{\text{доп}} \\ T_3 \leq T_{\text{доп}} \end{cases}, \quad (1)$$

- где
- ρ – коэффициент уплотнения спутниковой радиолинии;
 - C_N – суммарная скорость группы виртуальных каналов связи;
 - C_K – суммарная скорость группы физических каналов связи типового мультиплексора ЗСС;
 - ΔC – выигрыш в пропускной способности ЗСС при применении статистического уплотнения спутниковой радиолинии;
 - N – число виртуальных каналов связи мультиплексора ЗСС;
 - K – число стандартных физических каналов мультиплексора ЗСС;
 - M_{CV} – модели статистического уплотнения разнородного трафика;
 - $A_{ДП}$ – алгоритмы диспетчеризации разнородного трафика;
 - P_{Π} – вероятность потери пакета при статистическом уплотнении;
 - $P_{\text{доп}}$ – допустимая вероятность потери пакета согласно классу обслуживания;
 - T_3 – среднее время задержки пакета при статистическом уплотнении;
 - $T_{\text{доп}}$ – допустимое время задержки пакета согласно классу обслуживания.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СТАТИСТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ РАЗНОРОДНОГО ТРАФИКА

Для исследования параметров трафика при его уплотнении разработана модель статистического уплотнения разнородного трафика, которая учитывает приоритеты в обслуживании. Данная модель представляет случайный марковский процесс, граф состояний которого показан на рис. 2. В качестве примера приведен процесс обслуживания двух потоков пакетов: с высшим (ось x) и низшим (ось y) приоритетами. Каждое состояние процесса характеризуется двумя индексами по числу пакетов соответствующего приоритета, находящихся на обслуживании в мультиплексоре, а переходы между состояниями – поступлением нового пакета либо завершением его обслуживания. Для обслуживания пакетов мультиплексор распределяет каналный ресурс, максимальная емкость которого K каналов, в случае его недостатка поступающие пакеты вытесняют пакеты низшего приоритета либо помещаются в буфер емкостью B . При переполнении буфера пакеты высшего приоритета вытесняют из буфера пакеты с низшим приоритетом.

Данный подход позволяет конструировать графы случайного марковского процесса различной сложности путем введения дополнительных размерностей в пространстве состояний,



Рис. 2. Модель статистического уплотнения разнородного трафика с учетом приоритетов в обслуживании

что соответствует учету дополнительных приоритетов в обслуживании. На рис. 3 представлен граф с учетом трех приоритетов в обслуживании – высшего, среднего и низшего, принцип работы модели остается тот же.



Рис. 3. Развитие модели статистического уплотнения разнородного трафика с учетом приоритетов в обслуживании

Существенным ограничением данного класса моделей является наличие допущения о том, что потоки пакетов на входе мультиплексора являются стационарными пуассоновскими потоками. Как показывают исследования реального мультисервисного трафика в работах ряда отечественных и зарубежных ученых, его структура существенно отличается от простейшего пуассоновского потока и характеризуется нестационарностью, а также долговременной корреляционной зависимостью (самоподобностью). Одним из конструктивных направлений мо-

делирования таких потоков, в рамках которого имеется возможность получения аналитического решения, является применение моделей на основе марковских модулированных пуассоновских процессов (ММПП). Частным случаем таких моделей являются модели прерываемых пуассоновских процессов (ON-OFF модели). Каждый источник при этом имеет следующую структуру. В период активности (ON-периоды) источник генерирует пуассоновский поток пакетов. После периода активности следует пауза (OFF-период), когда источник не генерирует пакеты. Длительности периодов активности и пауз являются случайными величинами, распределенными по экспоненциальному закону. Комбинация нескольких таких ON-OFF источников образует ММПП, интенсивность которого изменяется во времени, что позволяет учесть нестационарность реальных входных потоков. Данный подход к моделированию нестационарного трафика представлен на рис. 4. В качестве примера на рис. 4 изображен граф марковской цепи, моделирующей процесс передачи трафика от группы абонентов, который описывается системой дифференциальных уравнений Колмогорова – Чепмена

$$\begin{cases} \dot{p}_0(t) = -N\alpha p_0(t) + \beta p_1(t); \\ \dot{p}_i(t) = (N-i)\alpha p_{i-1}(t) - ((N-i+1)\alpha + (N-i+1)\beta)p_i(t) + (N-i)\beta p_{i+1}(t); \\ \dot{p}_N(t) = \alpha p_{N-1}(t) - N\beta p_N(t). \end{cases} \quad (2)$$

Здесь P_i – стационарная вероятность нахождения процесса в i -м состоянии;
 α – среднее время нахождения источника трафика в активном состоянии, $\alpha = 1/\bar{t}_a, \bar{t}_a$;
 β – среднее время нахождения источника трафика в пассивном состоянии,
 $\beta = 1/\bar{t}_п, \bar{t}_п$.

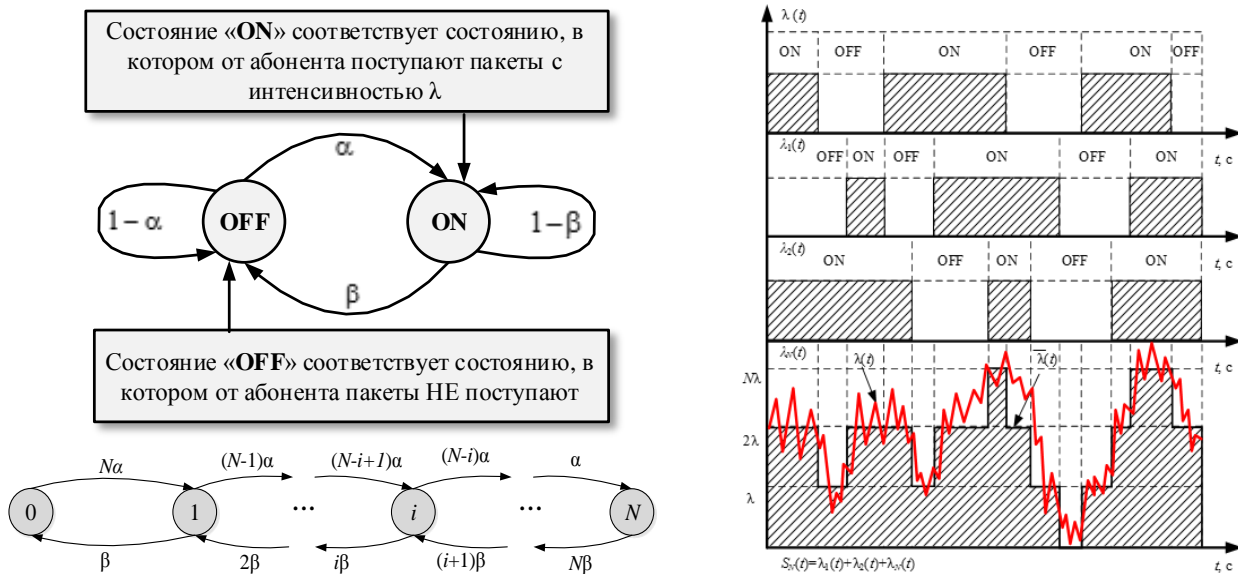


Рис. 4. Подход к моделированию нестационарного трафика

Данный подход позволил разработать модель статистического уплотнения однородного нестационарного трафика в виде случайного марковского процесса, граф состояний которого изображен на рис. 5. Модель описывает процесс обслуживания пакетов в мультиплексоре (ось y), которые поступают с изменяющейся интенсивностью от группового источника, состоящего из N абонентов (ось x). Состояние процесса характеризуется двумя индексами: количеством пакетов, находящихся на обслуживании, и числом активных источников.

Сочетание моделей приоритетного обслуживания и ММПП позволяет построить обобщенную модель уплотнения разнородного трафика, показанную на рис. 6, которая отличается от известных учетом нестационарности входящих информационных потоков и приоритетов в обслуживании. Приоритеты и разнородность трафика учитываются по осям x и y , а изменение интенсивности трафика (нестационарность) – по оси z .

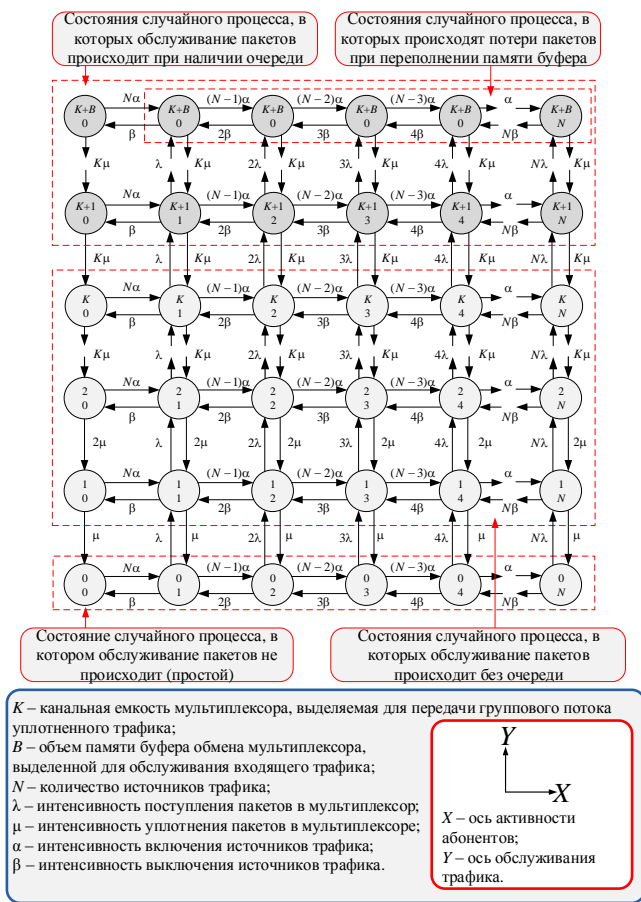


Рис. 5. Модель статистического уплотнения однородного нестационарного трафика от группы источников

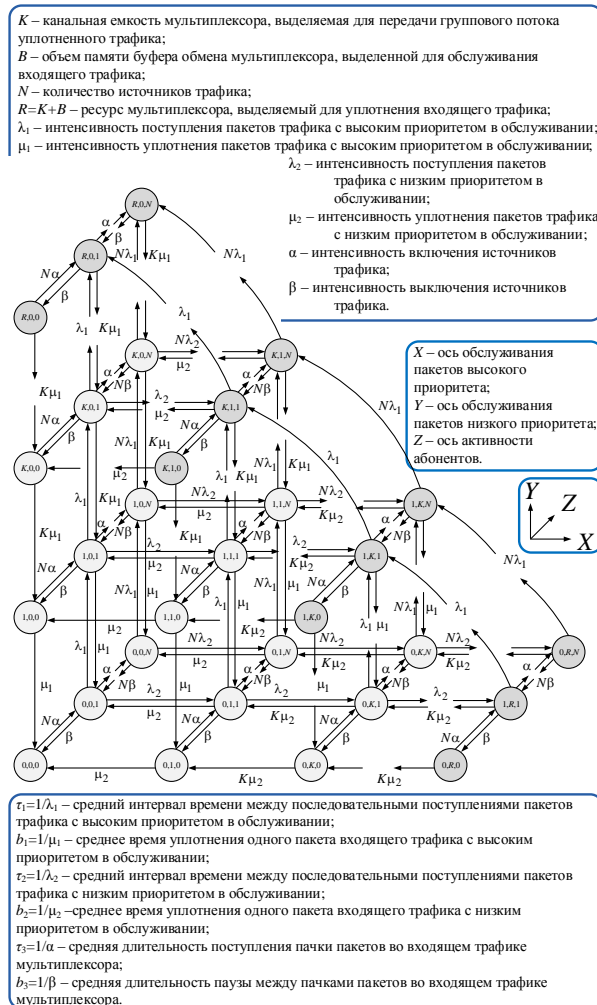


Рис. 6. Обобщенная модель статистического уплотнения разнородного трафика с учетом нестационарности информационных потоков и приоритетов в обслуживании

Использование разработанной методики позволяет рассчитать вероятности стационарных состояний случайного марковского процесса, моделирующего работу статистического мультиплексора, и оценить вероятностно-временные характеристики (ВВХ) качества обслуживания разнородного трафика. Методика расчета указанных характеристик включает четыре этапа. На этапе 1 составляется система уравнений баланса переходов, которая на этапе 2 приводится к системе линейных алгебраических уравнений, ее решение позволяет оценить значения вероятностей стационарных состояний. Данная система уравнений в матричном виде решается на этапе 3. Этап 4 предполагает непосредственно расчет ВВХ трафика.

Рассмотрим методику расчета ВВХ разнородного трафика.

Этап 1. Для расчета стационарных вероятностей состояний $p_{i,j,k}$ рассматриваемой модели составляется следующая система на основе уравнений баланса переходов:

$$\left\{ \begin{aligned} (\lambda_1 + \lambda_2) p_{i,j,k} &= \mu_2 p_{i,j,k+1} + \mu_1 p_{i+1,j,k}, \\ i = 0, j = 0, k = 0; \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + j\mu_2) p_{i,j,k} &= j\lambda_2 p_{i,j,k-1} + \mu_1 p_{i+1,j,k} + j\mu_2 p_{i+1,j,k}, \\ i = 1, 1 \leq j < R, k = 0; \\ \dots \\ \sum_{k=0}^N \sum_{i=0}^R \sum_{j=0}^{R-i} p_{i,j,k} &= 1 \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Этап 2. Приведение к системе линейных алгебраических уравнений, описывающих граф модели,

$$\begin{cases} (\lambda_1 + \lambda_2) p_{000} = \mu_2 p_{010} + \mu_1 p_{100}; \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) p_{010} = \lambda_2 p_{000} + \mu_1 p_{110} + 2\mu_2 p_{200}; \\ \dots \\ p_{000} + p_{100} + p_{200} + \dots + p_{R,R,N} = 1. \end{cases} \quad (4)$$

Этап 3. Решение системы линейных алгебраических уравнений. Вводится вектор

$$P = [p_z = p_{ij}, z = \overline{1, Z}]^T \Rightarrow A \times P = B,$$

где A – $(Z+1)Z$ -мерная матрица интенсивностей переходов;

P – Z -мерный вектор ненулевых состояний системы массового обслуживания;

B – $(Z+1)$ -мерный вектор правых частей.

Решение матричного уравнения: $P = A' \times B$, где A' – матрица, псевдообратная матрице A ,

определяемая как $A' = [A^T A]^{-1} A^T$.

Этап 4. Расчет вероятности потери (переполнения буфера мультиплексора) пакетов с высоким и низким приоритетами:

$$P_{\Pi 1} = \sum_{k=1}^N p_{ijk}, i = R, j = 0; P_{\Pi 2} = \sum_{k=1}^N \sum_{i=0}^R p_{ijk}, j = R - i. \quad (5)$$

Расчет среднего времени задержки пакетов с высоким и низким приоритетами в памяти буфера мультиплексора до начала передачи:

$$\bar{q}_1 = \sum_{k=0}^N \sum_{i=K+1}^R (i - K) \sum_{j=0}^{R-i} p_{ijk}; \bar{q}_2 = \sum_{k=0}^N \sum_{l=1}^B \sum_{i=0}^{i=K+j} \sum_{j=K+l-i}^{j=1} p_{ijk}. \quad (6)$$

Расчет среднего времени задержки пакетов с высоким и низким приоритетами в памяти буфера мультиплексора до начала передачи:

$$\bar{\omega}_1 = \bar{q}_1 / [\lambda_1 (1 - P_{\Pi 1})]; \bar{\omega}_2 = \bar{q}_2 / [\lambda_2 (1 - P_{\Pi 2})]. \quad (7)$$

Расчет среднего времени задержки с высоким и низким приоритетами при обслуживании в мультиплексоре:

$$\bar{\tau}_1 = 1 / \mu_1; \quad \bar{\tau}_2 = 1 / \mu_2. \quad (8)$$

Расчет среднего времени задержки в мультиплексоре с высоким и низким приоритетами:

$$\begin{aligned} T_{31} &= \bar{\omega}_1 + \bar{\tau}_1 = \bar{q}_1 / [\lambda_1 (1 - P_{\Pi 1})] + 1 / \mu_1; \\ T_{32} &= \bar{\omega}_2 + \bar{\tau}_2 = \bar{q}_2 / [\lambda_2 (1 - P_{\Pi 2})] + 1 / \mu_2. \end{aligned} \quad (9)$$

Вычисление ВВХ трафика на основе разработанных моделей статистического уплотнения позволяет организовать итерационный процесс по расчету максимальных значений коэффициента уплотнений спутниковой радиолинии при заданных ограничениях, который производится численным методом:

$$\rho = \frac{N}{K} \rightarrow \max \begin{cases} P_{\Pi 1} \leq P_{\text{доп}1}, P_{\Pi 2} \leq P_{\text{доп}2}; \\ T_{31} \leq T_{\text{доп}1}, T_{32} \leq T_{\text{доп}2}. \end{cases} \quad (10)$$

Расчет ВВХ трафика при его уплотнении позволяет обоснованно управлять назначением приоритетов в обслуживании в зависимости от статистических характеристик входных потоков и пропускной способности каналов связи.

Для управления параметрами качества обслуживания разнородного трафика предложен алгоритм диспетчеризации потоков разнородного трафика при статистическом уплотнении (рис. 7), который отличается от известных наличием механизма динамического назначения приоритетов при обслуживании разнородного трафика. Особенностью работы данного алгоритма является учет приоритетности пакетов трафика при поступлении в буфер мультиплексора. Если в буфере мультиплексора имеются пакеты трафика низкого приоритета, то при его переполнении происходит помещение в буфер пакетов с более высоким приоритетом. При отказе в обслуживании пакетов высшего приоритета происходят коррекция показателей

качества обслуживания, пересчет параметров модели и перераспределение приоритетов в обслуживании до тех пор, пока необходимое качество обслуживания не будет достигнуто.

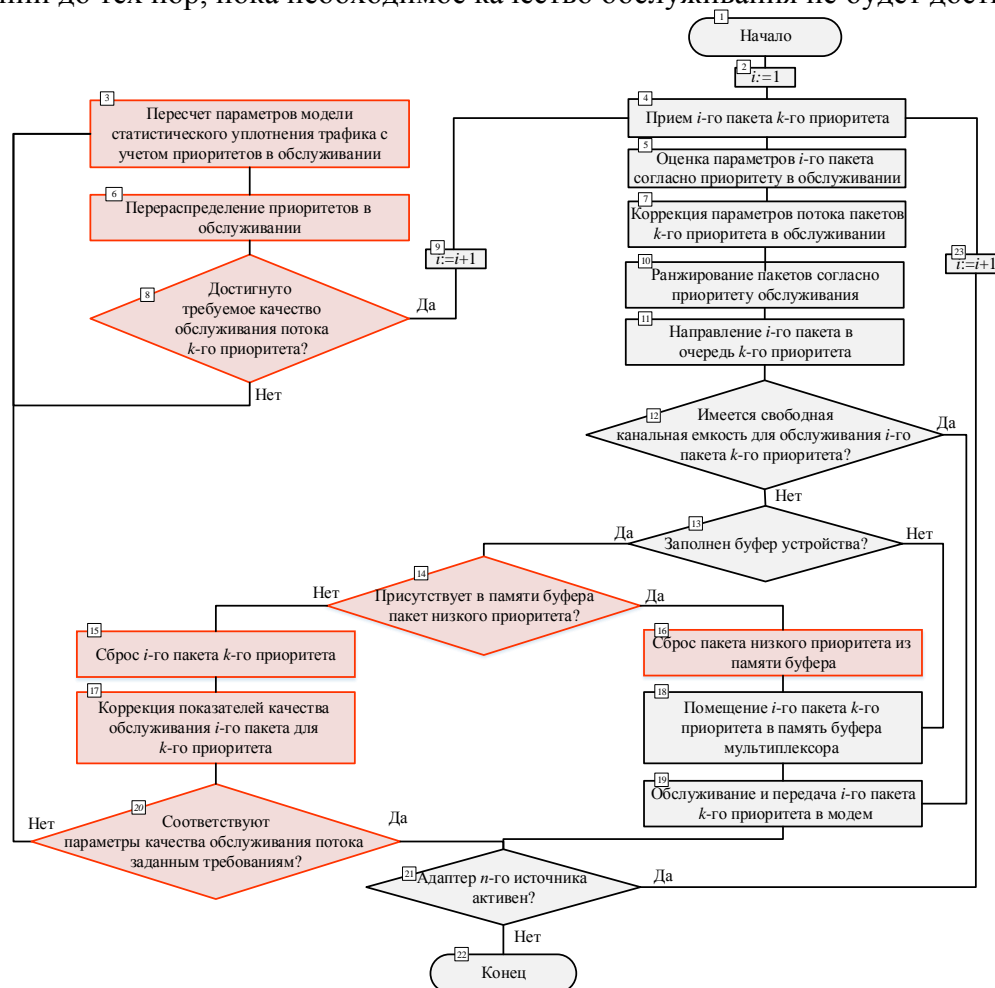


Рис. 7. Алгоритм диспетчеризации потоков разнородного трафика при статистическом уплотнении с учетом приоритетов в обслуживании

В дополнение к первому алгоритму разработан алгоритм диспетчеризации потоков разнородного трафика при статистическом уплотнении, представленный на рис. 8, который отличается от известных учетом не только приоритетов в обслуживании, но и нестационарности входящего потока для различных режимов работы спутниковой радиолинии. Схема работы данного алгоритма предполагает статистическую оценку параметров потока трафика, включая проверку на нестационарность. В случае изменения интенсивности потока и выхода за пределы допустимого, происходят коррекция показателей качества обслуживания трафика, пересчет параметров модели, коррекция плана распределения потоков осуществляется до тех пор, пока необходимое качество обслуживания потока высшего приоритета не будет достигнуто. Изменение режимов работы спутниковой радиолинии учитывается путем опроса текущей конфигурации модемного оборудования с последующей коррекцией режима работы мультиплексора и запросом о выделении дополнительного радиоресурса ЗССС, если таковой имеется. Для оценки изменения параметров трафика при статистическом уплотнении проведено исследование зависимостей изменения вероятностно-временных характеристик, которые изображены на рис. 9 и 10. В качестве исходных использовались три вида трафика: IP-телефонии, видеопотока, передачи данных.

Из рис. 9 видно, что вероятность потери пакетов при статистическом уплотнении разнородного трафика возрастает при увеличении количества организованных виртуальных каналов связи и уменьшается при увеличении времени задержки при обслуживании пакетов. Вероятность потери пакетов и задержка сообщений увеличиваются при повышении коэффициента активности источника трафика. Этот факт связан с уменьшением длительности пауз, в течение которых возможно передавать дополнительный трафик (рис. 10).

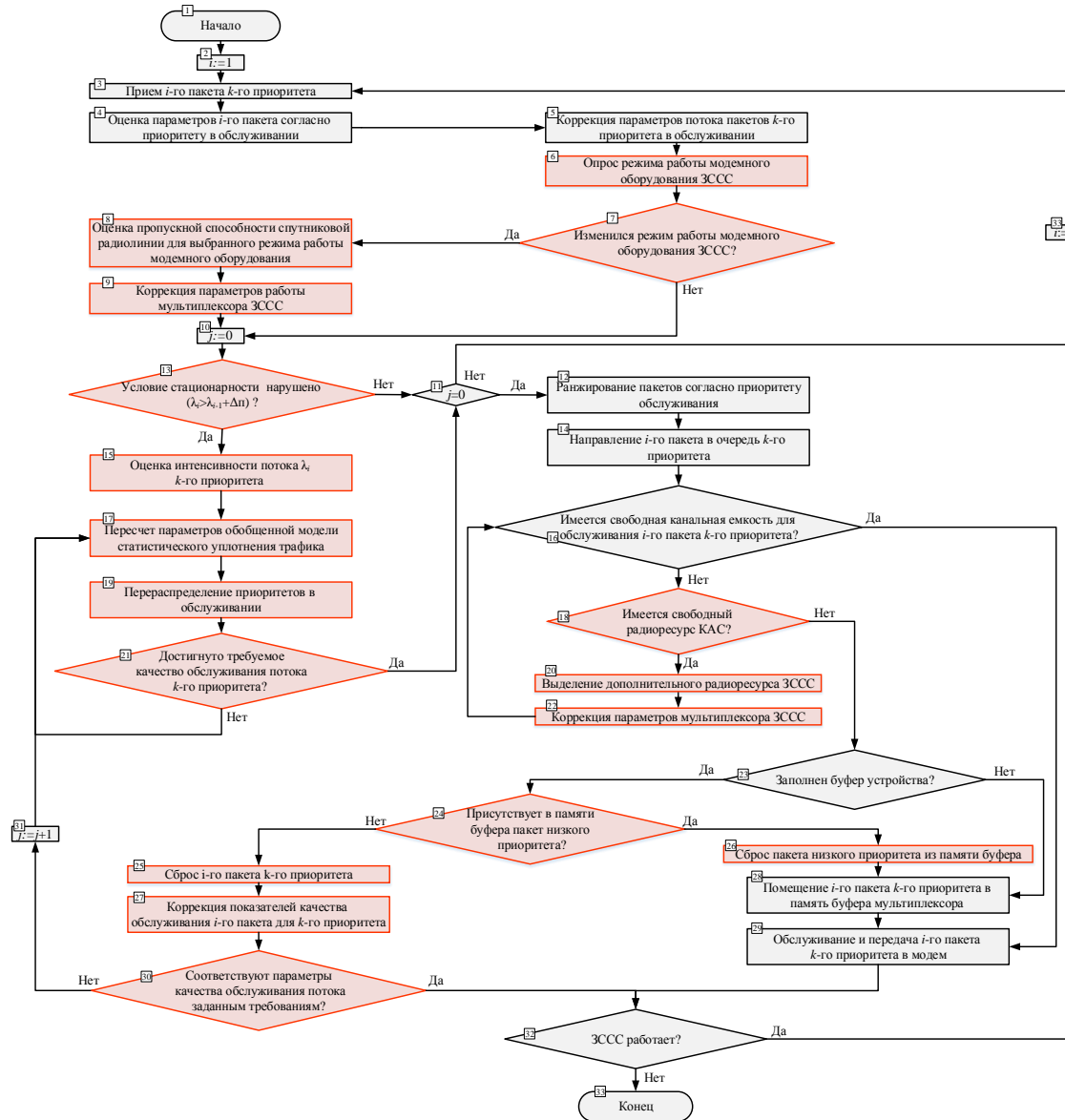


Рис. 8. Алгоритм диспетчеризации потоков разнородного, нестационарного трафика с учетом приоритетов в обслуживании при изменении пропускной способности каналов спутниковой связи

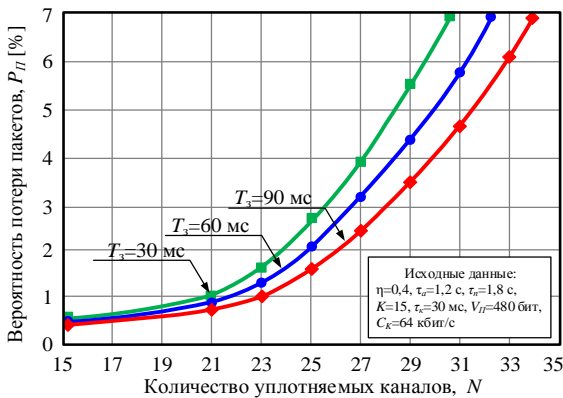


Рис. 9. Зависимость вероятности потери пакетов от количества источников трафика для различных значений допустимой задержки при обслуживании

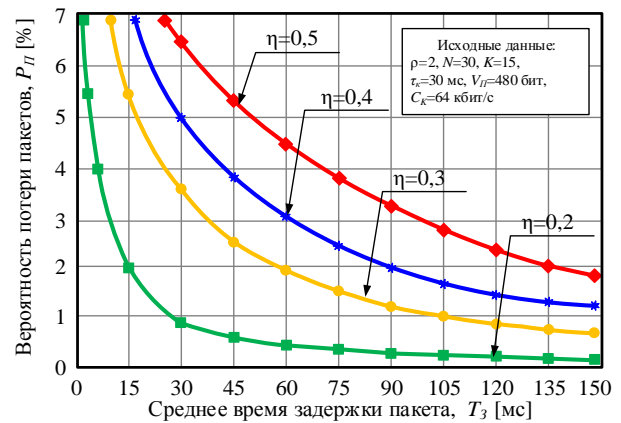


Рис. 10. Зависимость вероятности потери пакетов от задержки при различной активности (η) источников трафика

Для оценки эффективности применения разработанных моделей и алгоритмов, а также степени достижения показателя качества проведено исследование зависимостей изменения коэффициента уплотнения от различных параметров мультиплексирования и свойств источников трафика. Результаты исследования представлены на рис. 11 и 12. Коэффициент уплотнения спутниковой радиолинии ЗССС повышается с ростом его емкости канальной группы и понижением активности источников трафика. Его предельное значение ограничено требованиями к качеству обслуживания, при этом необходимо отметить, что чем выше требования к качеству обслуживания, тем меньше коэффициент уплотнения спутниковой радиолинии.

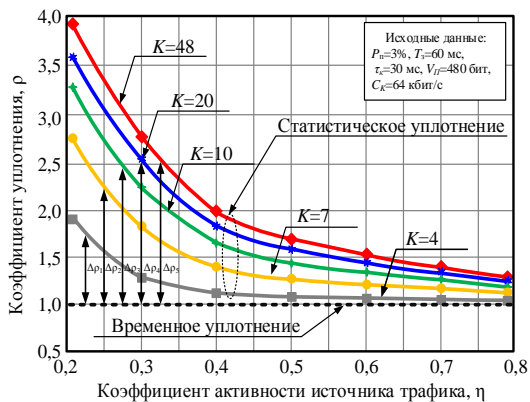


Рис. 11. Зависимость коэффициента уплотнения от активности источников трафика при изменении канальной емкости мультиплексора

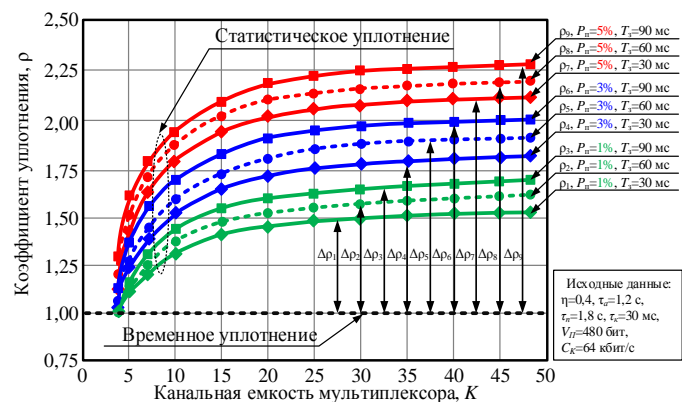


Рис. 12. Зависимость коэффициента уплотнения от канальной емкости мультиплексора при различных требованиях к качеству обслуживания

Обобщая и анализируя полученные зависимости, можно оценить достигаемый выигрыш в числе каналов, организуемых ЗССС на основе предложенной технологии статистического уплотнения, по сравнению с применением традиционной технологии уплотнения в различных условиях обстановки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование технологии статистического уплотнения в сочетании с механизмом динамического назначения приоритетов в обслуживании разнородного трафика позволяет заметно увеличить число каналов связи по сравнению с применением традиционной технологии уплотнения, что соответствует повышению пропускной способности ЗССС. При этом стоит отметить, что повышение пропускной способности будет зависеть от требований, предъявляемых к качеству обслуживания, от структуры передаваемого трафика, а также выбора режима модемного оборудования. Так, при наиболее жестких требованиях к качеству обслуживания выигрыш составит до 40%, при менее жестких (неограниченная допустимая задержка) – до 120%, что в среднем составит – до 80%.

Список используемых источников

1. Камнев В.Е., Черкасов В.В. Спутниковые сети связи: учеб. пособие. – М.: Альбина Паблицер, 2004. – 536 с.
2. Зыков А.А. Основы теории графов. – М.: Вузовская книга, 2004. – 664 с.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: учебник / пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
4. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями: учебник / пер. Б.С. Цыбакова. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
5. Шелухин О.И., Лукьянцев Н.Ф. Цифровая обработка речи: учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000. – 256 с.

А.Б. Петухов;
В.А. Сергеев,
кандидат техн. наук, доцент

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ И ОРИЕНТАЦИИ ПО ЗВЕЗДАМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассмотрено современное состояние опτικο-электронных средств навигации и ориентации космических аппаратов по звездам, дано обоснование предъявляемых требований к параметрам с учетом увеличения числа решаемых опτικο-электронными средствами задач. Приведены основные факторы, от выбора которых зависят параметры приборов звездной ориентации, сформулированы направления их совершенствования с целью соответствия предъявляемым требованиям.

Ключевые слова: космический аппарат, ориентация, точность, звездный датчик, интегрированный прибор.

ВВЕДЕНИЕ

Для ориентации и навигации космических аппаратов (КА) применяются опτικο-электронные средства (ОЭС) – звездные датчики (ЗД), измеряющие направление на навигационные звезды. Изначально ЗД применялись для периодической коррекции работы высокоточных гироскопических устройств, которые требуют начальной выставки и накапливают значительные ошибки вследствие дрейфа. По информации с гироскопов велось непрерывное управление КА. Процедура астрокоррекции проводилась после стабилизации КА, что не требовало от ЗД способности работать в широком диапазоне угловых скоростей и ускорений. Необходимость выполнения маневров КА, увеличение сроков их активного существования, высокая стоимость гироскопических устройств и их недостаточный ресурс потребовали непрерывного использования в управлении угловым движением КА приборов звездной ориентации. Звездный датчик обеспечивает наиболее точное определение параметров ориентации, обладает высокой помехозащищенностью и надежностью. Поэтому круг задач, решаемых с применением опτικο-электронных средств навигации и ориентации по звездам на борту КА, существенно расширился [1]. Основными из них стали:

- управление движением КА в режиме реального времени;
- астрокоррекция гироскопических приборов на борту КА;
- наведение целевой аппаратуры в заданную область инерциального пространства;
- координатно-временная привязка видеоинформации в комплексе с прибором спутниковой навигации (ГЛОНАСС, GPS).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Совершенствование приборов звездной ориентации идет по пути повышения точности, частоты обновления информации и диапазона рабочих угловых скоростей и ускорений. Необходимо отметить, что за последние 10–15 лет параметры приборов звездной ориентации по частоте обновления информации улучшились на порядок, а по допустимым угловым скоростям и ускорениям – на два порядка при сохранении точностных параметров.

Основными техническими требованиями на современном этапе, предъявляемыми к приборам звездной ориентации КА, являются:

- точность определения угловых параметров трехосной ориентации – 0,1–0,01 угл. с;
- угловая скорость КА – до 30 град/с;

- частота обновления навигационной информации – 10–100 Гц;
- звездная величина гидируемых звезд – более 10;
- количество гидируемых звезд в поле зрения – более 20;
- способность к устойчивому функционированию при воздействии различных факторов внешней среды (помехоустойчивость, радиационная стойкость);
- надежность и ресурс (≈ 100000 ч);
- масса – менее 3 кг;
- энергопотребление прибора – менее 10 Вт.

Для соответствия предъявляемым требованиям в ЗД необходимо улучшать параметры оптической системы (ОС), приемника оптического излучения (ПОИ), а также совершенствовать алгоритмы обработки поступающей с него информации. В большинстве существующих отечественных ЗД в качестве ПОИ используются полнокадровые приборы с зарядной связью (ПЗС-матрицы). В электронном тракте этих приборов реализованы схемотехнические решения для получения оконной выборки видеоинформации и ускоренного чтения ПЗС-матрицы. Однако даже при всех принимаемых мерах время, требуемое для считывания видеоданных, ограничивает дальнейший рост частоты обновления информации в приборах. Время накопления полезного сигнала становится соизмеримым (или даже меньшим), чем время считывания. В результате искажалась геометрическая форма сигнала от звезды, что приводило к снижению помехозащищенности распознавания конфигурации звезд и уменьшению точности определения параметров ориентации. Этот фактор ограничивал дальнейшее улучшение параметров приборов. В частности, приходилось использовать объективы с небольшим относительным отверстием и двухкаскадные бленды, обладающие высоким коэффициентом подавления боковой засветки, но имеющие большие габариты. При переходе от ПЗС-матриц с прямой засветкой к ПЗС-матрицам с обратной засветкой ситуация существенно улучшилась, но не радикально. Совсем иная ситуация возникает при использовании комплементарной логики на транзисторах металл-оксид-полупроводник (КМОП-матриц), имеющих глобальный электронный затвор и возможность производить очередную экспозицию одновременно со считыванием данных с предыдущего кадра. Таким образом, они позволяют обеспечить непрерывное накопление полезного сигнала, что увеличивает эффективность использования поступающей энергии оптического излучения. В таких матрицах реализуются сверхвысокие скорости считывания, которые практически не влияют на шумовые характеристики изображения. В большинство КМОП-матриц встроен механизм оконной выборки, который еще больше ускоряет чтение и удобен при работе ЗД в режиме слежения за звездами. Время считывания информации в режиме слежения составляет единицы или доли миллисекунд. КМОП-матрица формирует непосредственно цифровой видеопоток, который может сразу попадать в вычислитель прибора без дополнительного аналогового преобразования и без ухудшения качества изображения. Все это реализуется в компактном исполнении и при низком энергопотреблении. Использование КМОП-матриц открывает несколько направлений для совершенствования приборов звездной ориентации.

Во-первых, можно использовать светосильные объективы, что позволяет получить значительное сокращение времени экспозиции.

Во-вторых, современные КМОП-матрицы имеют низкий уровень темнового шума, что дает увеличение отношения «сигнал/шум», т.е.

$$\mu = \frac{N_{зв} \tau}{\sqrt{N_{зв} \tau + k^2 (N_{\phi} \tau + \sigma_{ш}^2)}},$$

где μ – отношение «сигнал/шум»;

$N_{зв}$ – поток фотоэлектронов от оптического излучения звезды;

τ – время экспозиции;

- k – число пикселей, на которые попало изображение звезды;
 N_{Φ} – поток термоэлектронов фона в пикселе;
 $\sigma_{ш}$ – дисперсия шума считывания.

Благодаря высокой скорости считывания и встроенной функции оконной выборки, время считывания фрагментов вокруг звезд практически не зависит от размеров матрицы. Поэтому можно использовать матрицы с большим линейным размером и с большим числом маленьких пикселей. Большой размер матриц обеспечивает широкое поле зрения прибора с достаточным количеством в нем навигационных звезд при большом фокусном расстоянии объектива, а значит, и большом входном отверстии. Это позволяет использовать короткие экспозиции, обеспечивая достаточно высокое отношение «сигнал/шум». Количество фотоэлектронов от оптического излучения звезды определяется как

$$N_{зв} = \frac{\pi D^2}{4} E_{зв} Q_{ПОИ} Q_{ОС},$$

- где D – диаметр входного зрачка объектива;
 $E_{зв}$ – освещенность, создаваемая звездой;
 $Q_{ПОИ}$ – квантовая эффективность ПОИ;
 $Q_{ОС}$ – коэффициент пропускания оптической системы.

Маленький пиксел позволяет повысить точность измерений и снизить уровень фоновой засветки. Установлено, что уровень паразитного фона в кадре изменяется пропорционально квадрату размера пиксела при одинаковых параметрах ОС и источника оптического излучения [2]. Низкий уровень фоновой засветки позволяет использовать компактные однокаскадные бленды с апробированными для космического применения светопоглощающими покрытиями. Создание приборов с одинаковыми полями зрения на матрицах, отличающихся линейным размером, требует использования объективов с различными фокусными расстояниями. При увеличении фокусного расстояния уменьшается угловой размер пиксела, следовательно, растет точность измерений, а диапазон рабочих угловых скоростей уменьшается. Фокусное расстояние объектива определяется следующим образом:

$$F = \frac{d}{\theta},$$

- где F – фокусное расстояние объектива;
 d – линейный размер пиксела;
 θ – угловой размер пиксела.

При увеличении фокусного расстояния и сохранении относительного отверстия увеличивается площадь входной апертуры. В результате прибор, основанный на матрице большего размера, может обладать более короткой экспозицией при сохранении отношения «сигнал/шум». Кроме того, при равном размере пикселей большой прибор будет обладать более высокой точностью измерений и большим диапазоном угловых скоростей. Но увеличение фокусного расстояния ведет к уменьшению поля зрения прибора и к необходимости работать по звездам с большей звездной величиной. Телесный угол участка небесной сферы определяется выражением

$$\Omega = \left(\frac{Md}{F} \right)^2,$$

- где Ω – телесный угол участка небесной сферы, проецирующийся на приемник;
 M – размер квадратной матрицы ПОИ (формат кадра).

Указанные два фактора противоречат друг другу: один снижает, а другой увеличивает скорость накопления полезного сигнала от звезд. Очевидно, что требования по уменьшению массогабаритных параметров прибора приводят к ухудшению других параметров.

Предельная угловая скорость, при которой могут работать приборы звездной ориентации, зависит от трех параметров: углового размера пиксела, времени экспозиции и алгоритмов обработки информации. Уменьшение углового размера пиксела и увеличение допустимой угловой скорости возможны только за счет уменьшения фокусного расстояния, при этом чем меньше линейный размер матрицы, тем меньше будет диапазон угловых скоростей и хуже все остальные параметры, кроме массы и габаритов прибора.

Возможность работы при высоких угловых ускорениях определяется точностью прогнозирования положения звезд и фрагментов вокруг них на следующем кадре. Очевидно, что точность прогнозирования тем выше, чем больше время прогноза. Поэтому стремление к повышению частоты обновления информации до 10 Гц и выше обусловлено не только требованиями, исходящими от системы управления КА, но и необходимо с точки зрения повышения помехозащищенности прибора звездной ориентации. При этом возникает необходимость в разработке специальных алгоритмов обработки сигналов с матрицы.

Таким образом, звездный датчик должен обладать большой фотоприемной матрицей с числом элементов не менее 1024×1024 , обеспечивающим широкое поле зрения, и с маленьким пикселом, позволяющим достичь высокого углового разрешения. Кроме того, матрица должна иметь высокую квантовую чувствительность и большую потенциальную яму для накопления достаточного количества фотоэлектронов. Объектив должен быть дифракционного качества и иметь предельные характеристики в смысле углового разрешения и аберраций по всему полю зрения. Большое входное отверстие объектива обеспечивает накопление значительного количества энергии оптического излучения на коротких выдержках. Время накопления видеоинформации должно быть выбрано с учетом углового движения КА и особенностей работы затвора. Дальнейшее развитие конструкции приборов звездной ориентации требует создания компактной, однокаскадной бленды с большим коэффициентом подавления и уменьшения собственного шума фоточувствительных матриц до единиц фотоэлектронов.

Оптимальные параметры звездных датчиков рассчитываются исходя из технологических возможностей производства ОС и ПОИ, условий функционирования прибора в процессе эксплуатации и возможностей бортового вычислительного комплекса. В результате на сегодняшний день невозможно получить датчик, удовлетворяющий сразу всем перечисленным выше требованиям. Возможно создание различных вариантов конструкции датчика, удовлетворяющих тем требованиям, которые разработчик считает основными.

Совместное использование информации ЗД и гироскопов характерно для многих систем управления КА. В отличие от ЗД, гироскопы функционируют в широком диапазоне угловых скоростей и независимо от внешних оптических условий. Однако при отсутствии коррекции по измерениям от других приборов точность определения угловой скорости и параметров ориентации со временем снижается. В настоящее время все чаще разрабатываются интегрированные приборы, в состав которых входят достаточно медленные ЗД и быстродействующие датчики угловой скорости [3]. Математическая обработка информации с датчиков обоих типов позволяет определять параметры ориентации и угловой скорости с высокой точностью и частотой, необходимыми для работы системы управления движением КА. Поэтому в космическом приборостроении наблюдается тенденция к комплексированию функционально близких приборов. Создаются приборы, сочетающий в себе звездный датчик и гироскоп. Эта связь двух приборов удачно взаимно дополняет их, увеличивая надежность выполнения задачи определения параметров ориентации КА.

Создание интегрированного прибора, сочетающего в себе звездный датчик ориентации и датчики угловой скорости, предполагает разработку специального математического обеспечения и канала обмена информацией между ними.

Программно-алгоритмическое обеспечение интегрированных приборов должно решать следующие задачи:

- 1) совместную фильтрацию измерений звездного датчика и датчика угловых скоростей для формирования своевременной информации об ориентации и угловой скорости;
- 2) определение ориентации путем интегрирования измерений датчика угловых скоростей с момента получения последних измерений звездного датчика при отсутствии оптических измерений;
- 3) уточнение параметров датчика угловых скоростей, подверженных случайному дрейфу, по измерениям звездного датчика;
- 4) уточнение взаимной ориентации двух звездных датчиков и определение параметров трехосной ориентации.

Алгоритм работы интегрированного прибора следующий:

- оптический канал прибора определяет параметры трехосной ориентации КА по изображению произвольного участка звездного неба;
- по информации, полученной от оптического канала, проводится периодическая калибровка гироскопического устройства;
- при потере работоспособности оптического канала вследствие засветки его поля зрения Солнцем или значительной угловой скорости КА определение параметров ориентации проводится по инерционному каналу;
- по инерционному каналу формируется априорная информация для оптического канала, повышающая эффективность его функционирования.

За счет интеграции датчиков улучшаются такие параметры системы ориентации КА, как масса, габариты, энергопотребление, точность измерений и помехозащищенность, снижается стоимость. Интегрирование приборов определения ориентации ведет к уменьшению числа сборочных единиц на борту КА, сокращению кооперации изготовителей, увеличению помехозащищенности прибора, упрощению процессов сборки и испытаний готового изделия, уменьшению удельной стоимости составляющих единиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В перспективе звездные датчики должны удовлетворять всем предъявляемым к ним требованиям. Для этого необходимо: оптимизировать оптическую систему с целью улучшения массогабаритных параметров; использовать радиационно-стойкий приемник оптического излучения отечественного производства, удовлетворяющий требованиям по чувствительности и угловому разрешению. Применение светосильной оптики и низкого собственного шума ПОИ позволяет более чем в 4 раза расширить диапазон угловых скоростей и повысить частоту обновления информации, а также получить многократное увеличение допустимого углового ускорения. Кроме этого необходимо усовершенствовать алгоритм обработки информации от звездного датчика; развить вычислительную систему прибора; расширить функциональные возможности за счет введения новых режимов работы.

Список используемых источников

1. Федосеев В.И., Колосов М.П. Опτικο-электронные приборы ориентации и навигации космических аппаратов: учеб. пособие. – М.: Логос, 2007. – 248 с.
2. Минимальные технические характеристики звездного датчика ориентации, необходимые для достижения заданной погрешности / А.И. Захаров, М.Е. Прохоров, М.С. Тучин, А.О. Жуков // *Астрофизический бюллетень*. – 2013. – Т. 68, №4. – С. 507–520.

3. Анализ современного состояния и перспектив развития приборов звездной ориентации семейства БОКЗ / Г.А. Аванесов, Р.В. Бессонов, А.А. Форш, М.И. Куделин // Сборник трудов 4-й Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы ориентации и навигации космических аппаратов», 8–11 сент. 2014 г., Россия, Таруса / под ред. Г. Аванесова. – ИКИ РАН, 2015. – С. 6–20.

А.А. Бабишкин,
кандидат техн. наук, доцент;
Р.А. Гудаев;
Д.А. Рогов,
кандидат техн. наук, доцент;
С.В. Чистяков,
кандидат техн. наук

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПА ИЗЛУЧАЮЩЕГО ОБЪЕКТА В ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ОСНОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО СПЕКТРАЛЬНОГО ПОРТРЕТА

Предложен вариант алгоритма, позволяющего определять тип излучающего объекта в воздушно-космическом пространстве за счет использования спектрального портрета, полученного с помощью новых комплексов радиотехнических измерений. Применение рассматриваемого алгоритма позволит расширить научно-методический аппарат распознавания, что приведет к увеличению основных показателей систем определения типа исследуемых объектов.

Ключевые слова: распознавание, признаки, спектральный портрет.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач системы контроля и мониторинга искусственных объектов в околоземном космическом пространстве является задача распознавания. В результате анализа можно сделать вывод, что, несмотря на количество и широкую географию расположения средств измерений данной системы, показатели качества, в частности вероятность правильного распознавания, не всегда достигают требуемых значений. Это связано с определенными сложностями при получении и обработке измерительной информации.

Одним из возможных путей повышения вероятности правильного распознавания является увеличение словаря признаков, на языке которого описываются распознаваемые типы объектов [3, 6]. Для этого необходимо либо увеличивать количество средств измерений и повышать качество их функционирования, либо расширять научно-методический аппарат распознавания.

С недавнего времени для решения задач контроля и мониторинга искусственных объектов в околоземном космическом пространстве стали привлекаться комплексы радиотехнических измерений (КРТИ), обеспечивающие качественно новым видом информации, которая на данный момент не используется для решения задач распознавания типа объекта.

Таким образом, создание алгоритмов и методик обработки радиотехнической информации позволит расширить словарь признаков и, как следствие, приведет к увеличению вероятности правильного распознавания.

В свою очередь, анализ работ по распознаванию показал, что для обеспечения наилучших показателей качества распознавания необходимо использовать специальные алгоритмы, которые учитывают особенности того или иного признака. Исходя из этого необходимо исследовать каждый признак с точки зрения его разделяющих качеств.

В данной работе в качестве признака распознавания рассматривается спектральный портрет, а также предлагается один из вариантов алгоритмов, который позволяет определять тип излучающего объекта (ИО) на основании указанного признака, полученного при помощи КРТИ.

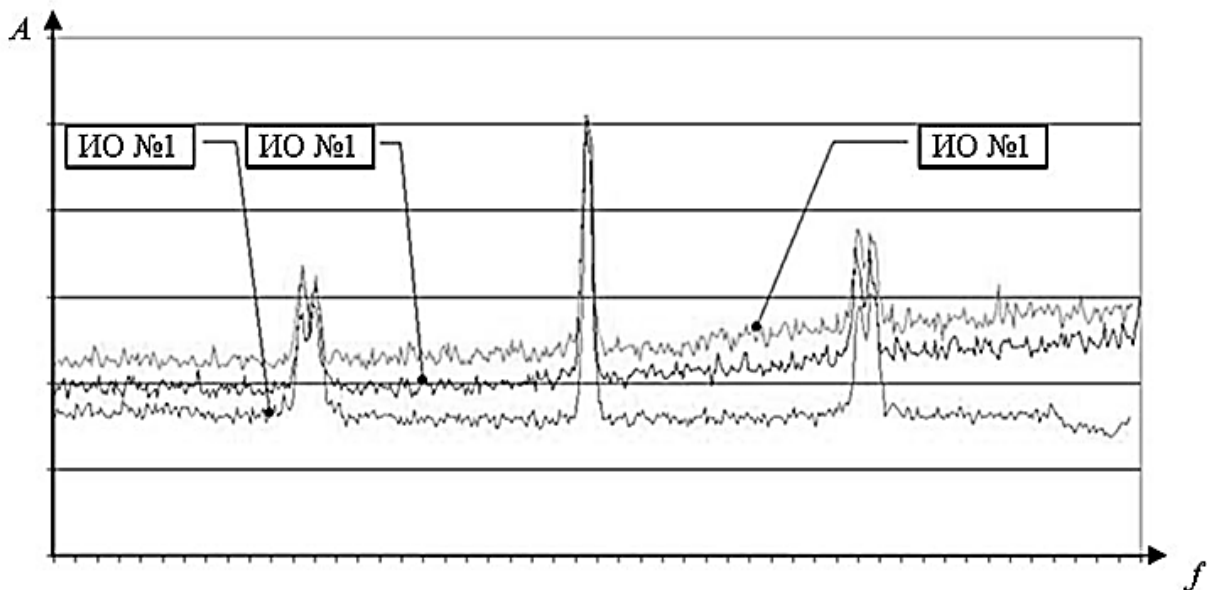


Рис. 1. Спектральные портреты излучающих объектов одного типа

Предполагается, что синтез такого алгоритма позволит:

- расширить научно-методический аппарат, который используется в системе мониторинга, а также контроля деятельности иностранных государств в околоземном космическом пространстве;
- использовать в полном объеме некоординатную радиотехническую информацию в интересах решения задачи распознавания;
- повысить оперативность решения задач контроля и мониторинга деятельности иностранных государств в воздушно-космическом пространстве;
- увеличить вероятность правильного распознавания [2, 7].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО ПОРТРЕТА В КАЧЕСТВЕ ПРИЗНАКА РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПА ИЗЛУЧАЮЩЕГО ОБЪЕКТА

Под спектральным портретом будем понимать зависимость измеряемой с помощью КРТИ амплитуды сигнала от частоты. Величина амплитуды, в свою очередь, является величиной непостоянной и случайной. Причиной может быть изменение вида передаваемой информации, изменение режима функционирования объекта, ошибки при измерении значений на радиотехнических средствах измерений, нестабильность параметров излучающих объектов и т.п. [5].

На рис. 1 представлены спектральные портреты одного типа ИО, работающего в одном режиме функционирования. Как видно из данного рисунка, спектральные портреты обладают свойством группировки вокруг одной эталонной зависимости. Возникшая тенденция к тесной группировке вокруг некоторой эталонной зависимости, характерной для соответствующего класса, связана с низкой изменчивостью спектральных портретов и определяет выбор классификатора в пользу того, который действует по принципу минимального расстояния [6].

В результате сравнения спектральных портретов, полученных на КРТИ для различных типов ИО (рис. 2), была выявлена некоторая степень отличия в значениях соответствующих амплитуд. Таким образом, используя, предлагаемый выше классификатор, можно решить задачу определения типа ИО за счет вычисления величины расстояния.

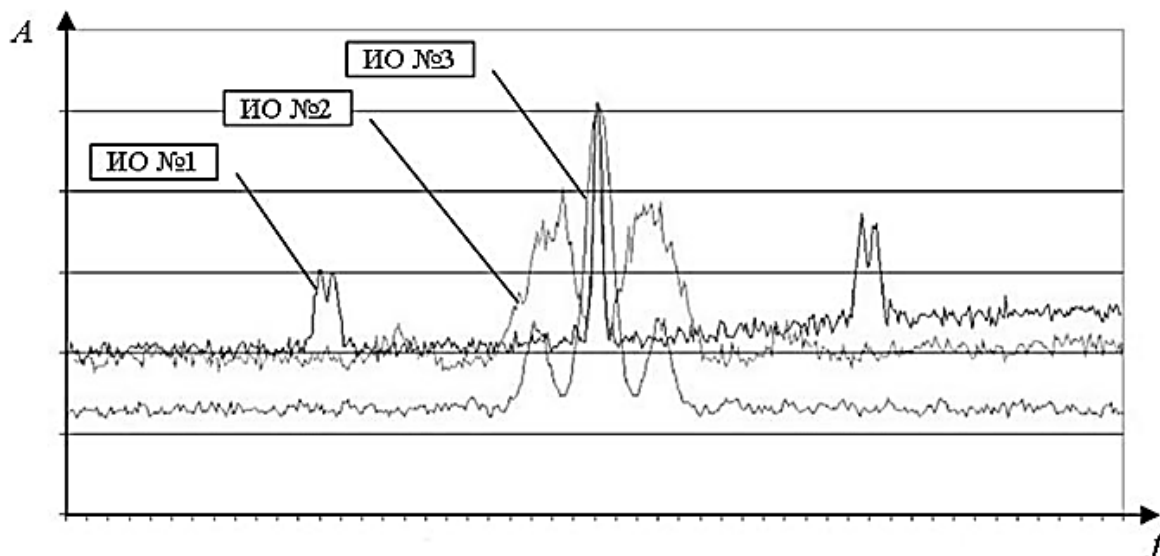


Рис. 2. Соотношение спектральных портретов различных объектов

Алгоритм, построенный по рассматриваемому принципу, основывается на вычислении расстояния, отделяющего измеренный спектральный портрет от каталогизированного, и зачисляет этот спектральный портрет в класс, оказавшийся ближайшим к нему. Поставив в соответствие каждому ИО соответствующий эталонный спектральный портрет, за счет распознавания последнего принимается решение об определении типа ИО.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как указано в работах [3, 4, 6, 8], основным показателем, который характеризует качество работы системы распознавания, является вероятность правильного определения типа исследуемого объекта, т.е. вероятность правильного распознавания P .

Необходимо: синтезировать алгоритм на основании принципа минимума расстояния с целью обеспечения максимума достигаемой вероятности правильного распознавания:

$$P_{\text{достиг}} = \max P(S^{\text{нижн}}, S^{\text{верх}}, l_0, L),$$

где $S^{\text{нижн}}$ – нижнее пороговое значение;

$S^{\text{верх}}$ – верхнее пороговое значение;

l_0 – критериальное значение;

L – количество отсчетов.

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПА ИЗЛУЧАЮЩЕГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВАНИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОРТРЕТОВ

Исходные данные:

- измеренный спектральный портрет $\hat{A}(x)$;
- количество классов N ;

- количество дискрет L ;
- каталогизированные СП $A_{il}^{кат}(x)$, полученные в ходе сеансов измерений: $i = 1, \dots, N$, $l = 1, \dots, L$;
- пороговые значения: $S_{il}^{ниж}$, $S_{il}^{верх}$, $i = 1, \dots, N$, $l = 1, \dots, L$;
- критериальное значение l_{i0} ;
- дискретность проведения измерений Δx .

Блок 1. На вход алгоритма подается спектральный портрет $\hat{A}(x)$, который был получен на комплексе радиотехнического контроля или с помощью имитационного моделирования.

Блок 2. В массиве значений амплитуд, которыми характеризуется спектральный портрет, производится поиск максимального значения (пика):

$$A_{\max} = \max_x \hat{A}(x).$$

Блок 3. Производится нормирование относительно найденного максимального значения

$$\hat{A}(x) / A_{\max}.$$

Блок 4. После нормирования производится дискретизация по Δx $\left(L = \left[\frac{X}{\Delta x} \right] \right)$ с привязкой максимума относительно начала системы координат, с целью устранения неоднозначности при вычислении разностных портретов:

$$A_l = \hat{A}(l\Delta x - x_0) / A_{\max}, \quad l = 1, \dots, L.$$

Присвоим i значение «1»:

$$i := 1.$$

Блок 5. Далее производится вычисление разностного портрета для i -го класса ИО в соответствии со следующей формулой:

$$R_{il} = A_l - A_{il}^{кат}, \quad i = 1, \dots, N, \quad l = 1, \dots, L.$$

Блок 6. Для каждого спектрального портрета задаются пороговые значения $S_{il}^{нижн}$, $S_{il}^{верх}$, l_{i0} . С этой целью необходимо заблаговременно для всех спектральных портретов, которыми характеризуется класс ИО, рассчитать \bar{m}_{il} , σ_{il} [2]:

$$\bar{m}_{il} = \frac{1}{K} \sum_k A_{il}, \quad i = 1, \dots, N, \quad l = 1, \dots, L, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sigma_{il} = \sqrt{\frac{\sum_k (A_{il} - \bar{m}_{il})^2}{K}}, \quad i = 1, \dots, N, \quad l = 1, \dots, L, \quad k = 1, \dots, K.$$

Далее в соответствии с формулами, представленными ниже, производится вычисление пороговых границ:

$$S_{il}^{нижн} = \bar{m}_{il} - a \cdot \sigma_{il} - A_{il}, \quad i = 1, \dots, N, \quad l = 1, \dots, L,$$

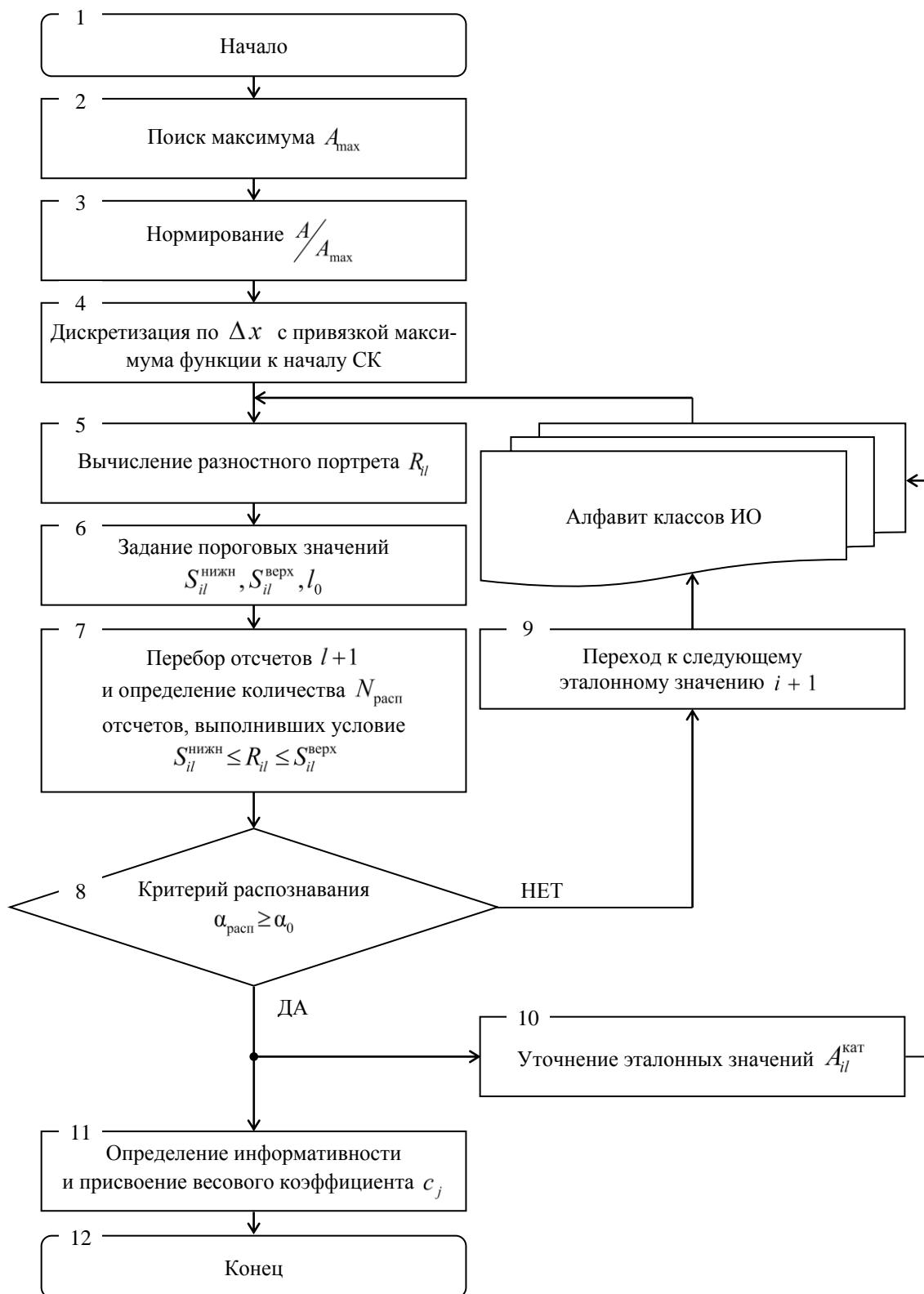


Рис. 3. Схема алгоритма распознавания типа ИО на основании спектральных портретов

$$S_{il}^{\text{верх}} = \bar{m}_{il} + a \cdot \sigma_{il} - A_{il}, \quad i = 1, \dots, N, \quad l = 1, \dots, L,$$

$$l_{i0} = \frac{(\sigma_2)^2 m_1 - (\sigma_1)^2 m_2 \pm \sigma_1 \sigma_2 \sqrt{(m_2 - m_1)^2 + ((\sigma_2)^2 - (\sigma_1)^2) \ln\left(\lambda_0 \frac{(\sigma_2)^2}{(\sigma_1)^2}\right)^2}}{(\sigma_2)^2 - (\sigma_1)^2}, \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, N.$$

Соотношение пороговых значений и разностных портретов наглядно представлено на рис. 3. Параметр a определяет ширину порога. Он задается оператором, исходя из выполнения следующего условия:

$$\begin{aligned} L_1 &\rightarrow \max \\ L_2 &\rightarrow \min. \end{aligned} \quad (2)$$

По умолчанию данный параметр может быть $a = 3$.

Блок 7. На данном этапе производится определение количества отсчетов разностного портрета, попавшего в границы $S_{il}^{\text{нижн}}$, $S_{il}^{\text{верх}}$:

$$\delta_{il} = \begin{cases} 1, & \text{при } S_{il}^{\text{нижн}} \leq R_{il} \leq S_{il}^{\text{верх}} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad i = 1, \dots, N, \quad l = 1, \dots, L,$$

где $l_{i\text{расп}} = \sum_{l=1}^L \delta_{il}$ — количество измерений, выполнивших условия.

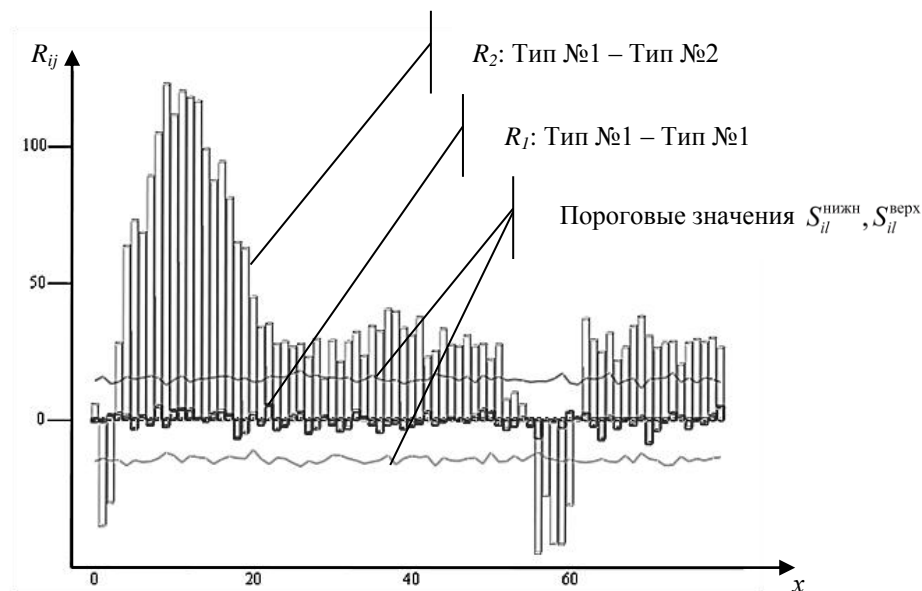


Рис. 4. Соотношение пороговых значений и разностных портретов

Блок 8. Далее вычисляются значения $\alpha_{i\text{расп}}$ и α_{i0} для каждого класса ИО по формулам, представленным ниже:

$$\alpha_{i\text{расп}} = \frac{l_{i\text{расп}}}{L},$$

$$\alpha_{i0} = \frac{l_{i0}}{L}.$$

Значение $\alpha_{i_{пор}}$ является координатой критической точки, которая делит пространство значений на области. В случае, если $\alpha_{i_{расп}}$ больше данного значения, то принимается гипотеза H_0 и H_1 – в противном случае. Тогда

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, & H_0 \text{ при } \alpha_{i_{расп}} \geq \alpha_{i0}, \quad i = 1, \dots, N. \\ 0, & H_1 \text{ иначе} \end{cases}$$

Блок 9. Если принята альтернативная простая гипотеза H_1 , то в рамках сложной – проверяется следующая, которая отличается тем, что производится распознавание с другим СП ($i := i + 1$), который характерен либо для другого режима функционирования, либо для другого типа ИО. Переходим в блок 5.

В случае, если спектральный портрет не распознан ни с одним из каталогизированных, то оператору выдается предупреждение, в котором указывается, что по данному ИО необходимо провести дополнительный сеанс измерений.

Блок 10. Для повышения качества решения задачи распознавания, помимо итерационного уточнения пороговых значений, предлагается применить алгоритм Роббинса – Монро, заключающийся в итерационном определении корня функции. Применительно к рассматриваемому случаю – это определение истинного значения спектрального портрета на l -й дискрете. Подробно данный алгоритм рассмотрен в работе [6].

Блок 11. На основании статистической вероятности правильного распознавания, которая может быть получена в ходе работы алгоритма по априорно известным типам ИО, производятся определение информативности признаков и назначение весовых коэффициентов.

Выходные данные:

- решение о распознавании на основании спектрального портрета S_i ;
 - статистическая вероятность правильного распознавания, которая необходима для последующего определения информативности и назначения весовых коэффициентов $P = K/K_0$,
- где K – это количество благоприятных исходов, а K_0 – общее количество распознаваний.

Кроме того, как было отмечено выше, спектральный портрет, в случае распознавания и по команде оператора, может быть использован для уточнения параметров модели, с применением алгоритма Роббинса – Монро.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный алгоритм позволяет проводить распознавание типа ИО на основании сравнения спектральных портретов с возможностью итерационного уточнения пороговых значений. Кроме того, применение алгоритма Роббинса – Монро позволяет с увеличением количества каталогизированных значений приблизиться к истинному значению амплитуды на l -й дискрете. Решение о распознавании, получаемое с помощью данного алгоритма, может быть одним из элементов исходных данных при распознавании по совокупности признаков (многоканальная система распознавания с дискретным накоплением) [1]. Ста-

тистическую вероятность правильного распознавания, которую можно получить при работе по априорно известному типу ИО, целесообразно использовать для определения информативности и назначения весовых коэффициентов [6–8].

Расчеты показали, что выполнение второго условия (2) и использование при распознавании критериального значения, рассчитанного в соответствии с формулой (1), приводят к увеличению вероятности правильного распознавания типа ИО.

Список используемых источников

1. *Васин В.В., Степанов Б.М.* Справочник-задачник по радиолокации. – М. : Сов. радио, 1977. – 320 с.
2. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
3. *Горелик А.Л., Гуревич И.Б., Скрипкин В.А.* Современное состояние проблемы распознавания. – М. : Радио и связь, 1985. – 160 с.
4. *Журавлев Ю.И.* Распознавание, классификация, прогноз. Математические методы и их применение. – М. : Наука, 1992. – 320 с.
5. Мониторинг космических аппаратов на основе применения корреляционно-фазовых пеленгаторов / А.С. Чеботарев, А.О. Жуков, Ю.Ю. Махненко, З.Н. Турлов; под общ. ред. А.С. Чеботарева. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 120 с.
6. *Дж. Ту, Гонсалес Р.* Принципы распознавания образов / пер. с англ. И.Б. Гуревича; под общ. ред. Ю.И. Журавлева. – М. : Мир, 1978. – 414 с.
7. *Шеннон К.* Работы по теории информации и кибернетике / под общ. ред. Р.Л. Добрушина, О.Б. Лупанова. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1963. – 823 с.
8. Применение информации, получаемой от средств радиотехнического контроля, для решения задач распознавания космических аппаратов /Р.А. Гудаев, Р.В. Катюха, С.В. Логунов, Д.А. Рогов // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. – Вып. 647. – С. 137–142.

А.С. Горянский;
А.А. Карытко,
кандидат техн. наук;
В.Я. Пророк,
доктор техн. наук, профессор;
С.В. Соколов

МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ БЛЕСКА КОСМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В ХОДЕ ПРОВОДКИ ОПТИЧЕСКИМ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫМ СРЕДСТВОМ

Рассмотрена зависимость изменения блеска космического объекта от фазового угла его освещенности. Определен граф, характеризующий множество допустимых состояний элементов запуска космического аппарата, образуемых в результате пуска ракеты космического назначения. Предложен алгоритм аппроксимации величины блеска космического объекта с помощью тригонометрического многочлена Фурье. Результаты работы алгоритма позволяют произвести формальное описание процесса изменения блеска космического объекта в ходе проводки оптическим наблюдательным средством. Выполнен анализ 30 проводок с фотометрическими наблюдениями различных космических объектов, проведена их кластеризация.

Ключевые слова: блеск, фазовый угол, космические объекты, сбор некоординатной информации.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в околоземном космическом пространстве (ОКП) находится более 20000 космических объектов искусственного происхождения с линейными размерами более 10 см [1]. Эффективность процесса функционирования средств мониторинга ОКП в условиях, когда интенсивность объектов наблюдения превышает пропускную способность наблюдательных средств, определяется приоритетным планированием объектов наблюдения. Задача определения приоритета обслуживания объекта наблюдения особенно актуальна при использовании оптико-электронных средств (ОЭС) мониторинга ОКП.

На сегодняшний день формализация процедуры распределения приоритетов объектов наблюдения отсутствует, назначение приоритетов осуществляется эмпирическим путем, основанном на опыте и профессионализме операторов. При решении указанной задачи для ОЭС не учитывается динамика изменения блеска объектов наблюдения в процессе проводки. В связи с этим возникает ситуация, когда в план задействования ОЭС попадают объекты, обладающие высокими приоритетами и низкой вероятностью обслуживания (обнаружения). Под проводкой понимается процесс сбора всех видов информации об объекте в ходе его обнаружения и сопровождения ОЭС.

Необходимость оптимизации процесса распределения сил и средств, используемых для мониторинга ОКП, обуславливает актуальность разработки модели блеска космического объекта в ходе проводки оптическим наблюдательным средством.

ОЦЕНИВАНИЕ ТРЕНДА ВЕЛИЧИНЫ БЛЕСКА КОСМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тренд величины блеска КО $\psi(t, \hat{X})$ представляется функцией, зависящей от времени t и случайной величины (СВ) \hat{X} . Функция $\psi(t, \hat{X})$ имеет вид

$$\psi(t, \hat{X}) = m(t) + \beta(t) + \hat{X}, \quad (1)$$

где $m(t)$ – функция изменения блеска космического объекта (КО) в зависимости от фазового угла его освещенности;

$\beta(t)$ – функция изменения блеска КО в зависимости от изменения площади его Миделевого сечения по отношению к наблюдателю;

\hat{X} – случайная величина, характеризуемая функцией распределения $F(x)$.

Функция $\beta(t)$ характеризуется периодом вращения КО вокруг своей оси, а также его конструктивными особенностями.

Выражение, связывающее динамику изменения блеска КО с величиной фазового угла его освещенности Солнцем, имеет вид

$$m(t) = m_0 - 15,75 + 2,5 \times \lg \left(\frac{r^2}{0,5 \times (1 - \cos(180 - \chi(t)))} \right), \quad (2)$$

где m_0 – приведенный блеск КО;

r – радиус-вектор КО;

$\chi(t)$ – фазовый угол освещенности КО Солнцем по отношению к наблюдателю в момент времени t .

Выражение (2) с высокой степенью достоверности [2] описывает зависимость $m(t)$ для низкоорбитальных КО (НОКО), величина радиуса-вектора которых не превышает восьмиста километров. Использование выражения (2) для геостационарных (ГСКО) и высокоорбитальных (ВОКО) КО не приемлемо. Для нахождения аналитической формы зависимости $m(t)$ для ГСКО и ВОКО применяются регрессионные методы статистического анализа [3]. Для этого интервал возможных значений фазового угла χ делится на n подынтервалов, где n определяется шагом $\Delta\chi$. Значение $\Delta\chi$ принимается равным десяти градусам. Полученные таким образом значения $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ соответствуют значениям блеска типовых геостационарных и высокоорбитальных КО. Для ВОКО описанную процедуру дополнительно произведем в различных диапазонах значений радиуса-вектора: от 10000 до 20000 км, от 20000 до 30000 км и от 30000 до 40000 км включительно. К полученной таким способом статистической информации применимы методы регрессионного анализа.

Аппроксимация данных полиномом третьей степени позволяет получить следующее выражение для приблизительной оценки блеска ВОКО на высотах от 20000 до 30000 км: $m(\chi) = 1.39 \cdot 10^{-5} \times \chi^3 - 0.0114 \cdot 10^2 \times \chi^2 + 0.36 \times \chi + 13.5$. Далее, выражение, характеризующее зависимость $m(\chi)$ для ВОКО на высотах от 10000 до 20000 км имеет вид $m(\chi) = -0.24 \cdot 10^{-3} \times \chi^3 - 0.0055 \times \chi^2 + 0.33 \times \chi + 13$. Зависимость блеска ВОКО на высотах от 30 до 40 тысяч км и ГСКО характеризуется зависимостью следующего вида: $m(\chi) = -0.27 \cdot 10^{-3} \times \chi^3 - 0.0045 \times \chi^2 + 0.31 \times \chi + 13$.

В приведенных выражениях в качестве аргумента функции блеска используется величина фазового угла, в то время как в выражениях (1) и (2) аргументом функции является время. Правомерность подобной замены аргумента функции следует из тождества $m(t) = m(\chi(t)) = m(\chi)$. Расчет значения $\chi(t)$ производится путем проведения процедуры имитационного моделирования, заключающейся в прогнозе координат КО, угла склонения и восхождения Солнца для заданной географической координаты пункта наблюдения на определенный момент времени t .

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что при изменении фазового угла в пределах 10–20° блеск объекта уменьшается на одну звездную величину. Увеличение фазового угла до 20–40° в среднем уменьшает блеск объекта на две-три звездные величины. При достижении значения фазового угла 90° блеск даже крупноразмерных объектов не превышает 16-й звездной величины. Таким образом, наблюдение КО при фазовых углах 90° и более является не целесообразным.

Результат процесса пуска ракеты космического назначения (РКН) можно описать множеством состояний ее элементов D . Граф множества элементов D представлен на рис. 1. На рисунке использованы следующие условные обозначения: РКН – ракета космического назначения, КА – космический аппарат, РБ – разгонный блок, РН – ступень ракеты-носителя, ФР – фрагмент запуска, СТ – тип стабилизации КА, ЗОС – трехосная стабилизация, ВР – стабилизация вращением, НСТ – нестабилизированный КА, М – медленное вращение, Б – быстрое вращение.

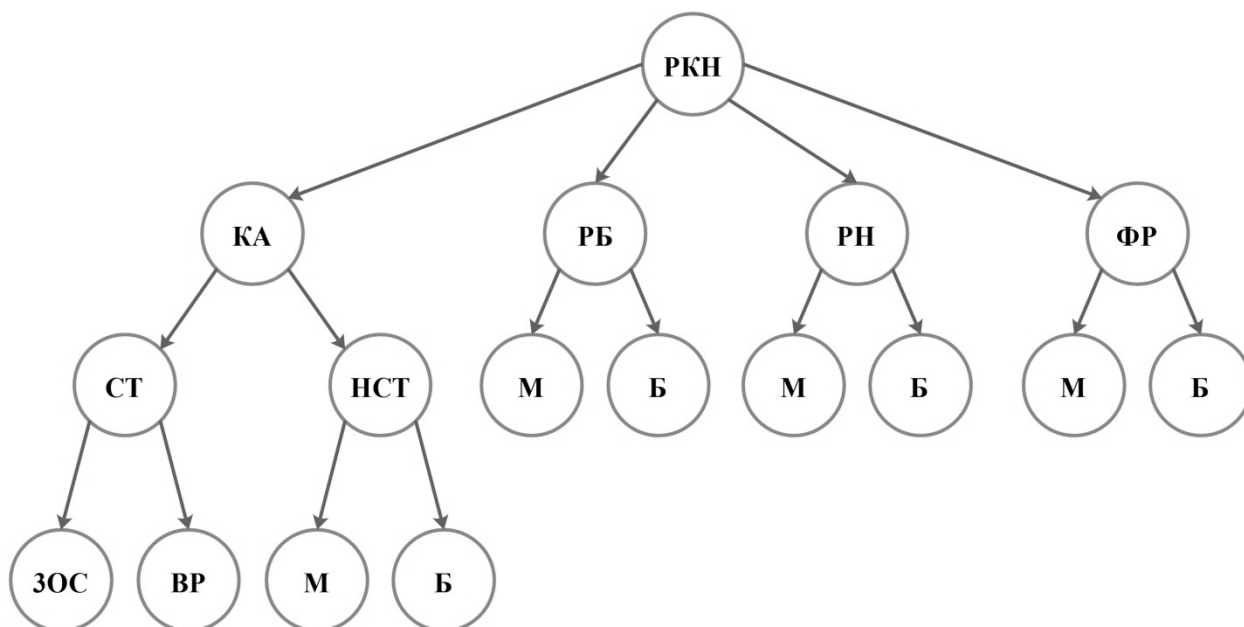


Рис. 1. Граф переходов элементов пуска РКН между возможными типами изменения блеска КО

Листья данного графа, в зависимости от их «родителей», характеризуют множество различных функций $\beta(t)$. Применительно к рассматриваемому в методике объекту исследования, функции $\beta(t)$ отличаются друг от друга своим видом и значениями коэффициентов.

Несмотря на кажущуюся неоднозначность в классификации объектов наблюдения на быстро и медленно вращающиеся, на практике этот критерий легко формализовать, сравнив длительность периода вращения КО $t_{вр}$ с прогнозируемой длительностью проводки объекта t_n и установив критерий вида:

Тип вращения	Условие
быстрое	$\frac{t_n}{t_{вр}} \geq k$
медленное	$\frac{t_n}{t_{вр}} < k$

где k – пороговое значение.

В ходе проводок КО специализированными средствами мониторинга околоземного космического пространства эмпирическим путем установлено, что наиболее вероятное значение коэффициента k принадлежит интервалу возможных значений от 3 до 5.

Анализ результатов фотометрических наблюдений КО [4] свидетельствует о том, что периодичность изменения блеска t и изменения среднего приведенного блеска $\Delta\theta$, рассчитанные для КО, относящихся в соответствии с представленным на рис. 1 графом к одному

элементу $d, d \in \mathbf{D}$, обладают близкими метриками ρ . Процедура анализа заключалась в кластеризации КО, представленных двухмерными векторами $\vec{v} = (t, \Delta\theta)$, в качестве метрики ρ использовалось евклидово расстояние между различными векторами \vec{v} .

Учитывая результаты выполненного анализа, представим функцию $\beta(t)$ КО тригонометрическим многочленом Фурье:

$$\beta(t) \approx f(t|n) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n (a_k \cos(kt) + b_k \sin(kt)), \quad (3)$$

где a_k, b_k – коэффициенты, рассчитываемые согласно алгоритму, схема которого представлена на рис. 2.

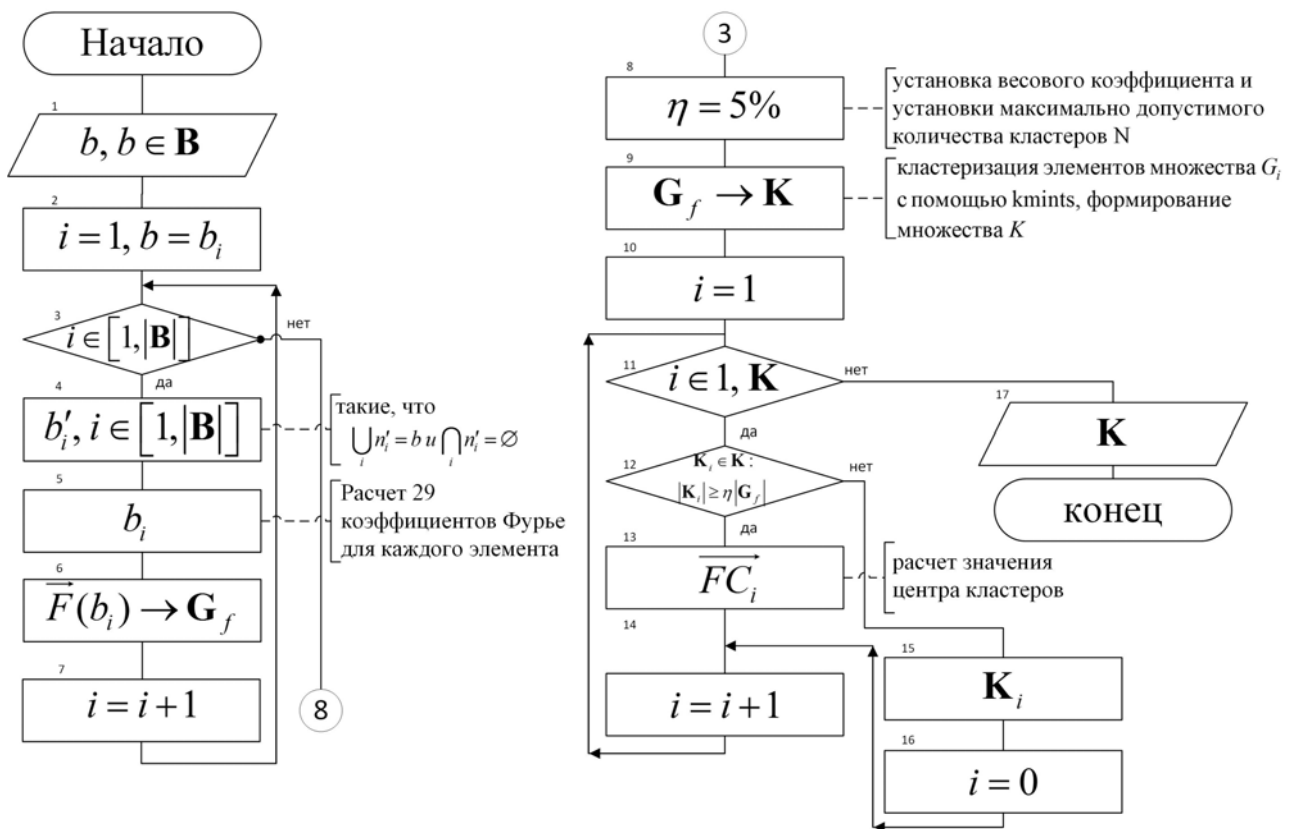


Рис. 2. Алгоритм кластеризации функции блеска

Исходными данными алгоритма является множество результатов измерения блеска КО различных типов на нескольких проводках \mathbf{B} . Каждая проводка КО представляется массивом $b, b \in \mathbf{B}$, который содержит значения блеска в момент получения каждой угловой засечки.

Выходными данными алгоритма является множество кластеров \mathbf{K} , состоящих из n -мерных элементов e . Координаты элемента e описывают коэффициенты Фурье, стоящие при i -м слагаемом соответственно $i \in \overline{1, n}$. Центр кластера $j, j \in \overline{1, |\mathbf{K}|}$, где $|\mathbf{K}|$ – мощность множества \mathbf{K} , содержит коэффициенты тригонометрического многочлена Фурье, с помощью которого возможно формализовать функцию $\beta(t)$ любого КО, вошедшего в кластер k_j .

Алгоритм состоит из последовательности шагов.

Шаг 1. Начинает свое выполнение циклическая процедура, обеспечивающая последовательный перебор всех элементов b множества \mathbf{B} (блок 3 на рис. 2).

Шаг 2. На основе текущего элемента b формируется n подмножеств $b'_i, i \in \overline{1, n}$ множества элементов массива b , таких, что $\bigcup_i n'_i = b$ и $\bigcap_i n'_i = \emptyset$ (блок 4 на рис. 2).

Шаг 3. Для каждого элемента $b'_i, i \in \overline{1, n}$ производится расчет коэффициентов Фурье для четырнадцати гармоник. Таким образом, всего на данном шаге рассчитывается 29 коэффициентов, 28 из которых сохраняются в 28-мерном векторе \vec{F} . Поскольку при анализе функции $\beta(t)$ нас интересуют только ее амплитудно-частотные характеристики, коэффициент Фурье a_0 , определяющий среднее значение блеска, из рассмотрения исключается (блок 5 на рис. 2).

Шаг 4. Формируется множество \mathbf{G}_f векторов \vec{F} , полученных на шаге 3, для всех объектов, сформированных в рамках итераций, начатых на шаге 1 и шаге 2 (блок 6 на рис. 2).

Шаг 5. Устанавливаются весовой коэффициент η , характеризующий минимально допустимый размер кластера, в данной методике принимается равным 5%, а также максимально допустимое количество кластеров – N (блок 8 на рис. 2).

Шаг 6. Производится кластеризация элементов множества \mathbf{G}_f с помощью известного алгоритма k – средних (kmeans), в качестве критерия, используемого при принятии решения о принадлежности вектора \vec{F} к какому-либо кластеру, применяется евклидово расстояние между векторами (блок 9 на рис. 2).

Шаг 7. Для каждого кластера $\mathbf{K}_i \subset \mathbf{K}$, сформированного на шаге 6 алгоритма, производится проверка выполнения условия $|\mathbf{K}_i| \geq \eta \cdot |\mathbf{G}_f|$, где $|\mathbf{K}_i|$ – мощность кластера \mathbf{K}_i , $|\mathbf{G}_f|$ – мощность множества \mathbf{G}_f . Если условие не выполняется, кластер \mathbf{K}_i ликвидируется, а его элементы распространяются по оставшимся более представительным кластерам (блок 12 на рис. 2).

Шаг 8. Для каждого кластера рассчитываются значение центра кластера – \vec{FC}_i , расстояние между центром кластера и центрами других кластеров, дисперсия элементов кластера по каждой координатной оси (блок 13 на рис. 2). В результате успешного выполнения шага 8 работа алгоритма завершается.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Данный алгоритм применялся для анализа 30 проводок с фотометрическими наблюдениями по 17 КО: 3 РБ «Кентавр» (20150440002, 20150020002, 20140450002), 3 РН «Ариан-5» (20150220003, 20150260003, 20140110003), РН «ПСЛВ» (20140610002), РБ «Фрегат-МТ» (20140830005), 2 РБ «Фрегат-М» (20140690002, 20140120002), РН «Н-2А» (20140600002), КА «Астра» (19940700001), КА «Евтелсат» (20060070002), КА «Молния» (19990360001), КА «Интелсат» (19960300001), ФР «Фэньюнь-1-3» (19990250190), ФР «Иридиум-33» (19970510017).

Максимальное допустимое количество кластеров устанавливалось равным 30 (по числу проводок, участвующих в эксперименте). По результатам работы программы, реализующей вышеуказанный алгоритм, сформировано девять кластеров. Результаты кластеризации в двумерном пространстве для различных измерений координат центров кластеров и элементов, вошедших в них, представлены на рис. 3 и 4. Итоговое распределение объектов по кластерам приведено в табл. 1. Евклидовы расстояния между центрами кластеров, представленных на рис. 3 и 4, приведены в табл. 2.

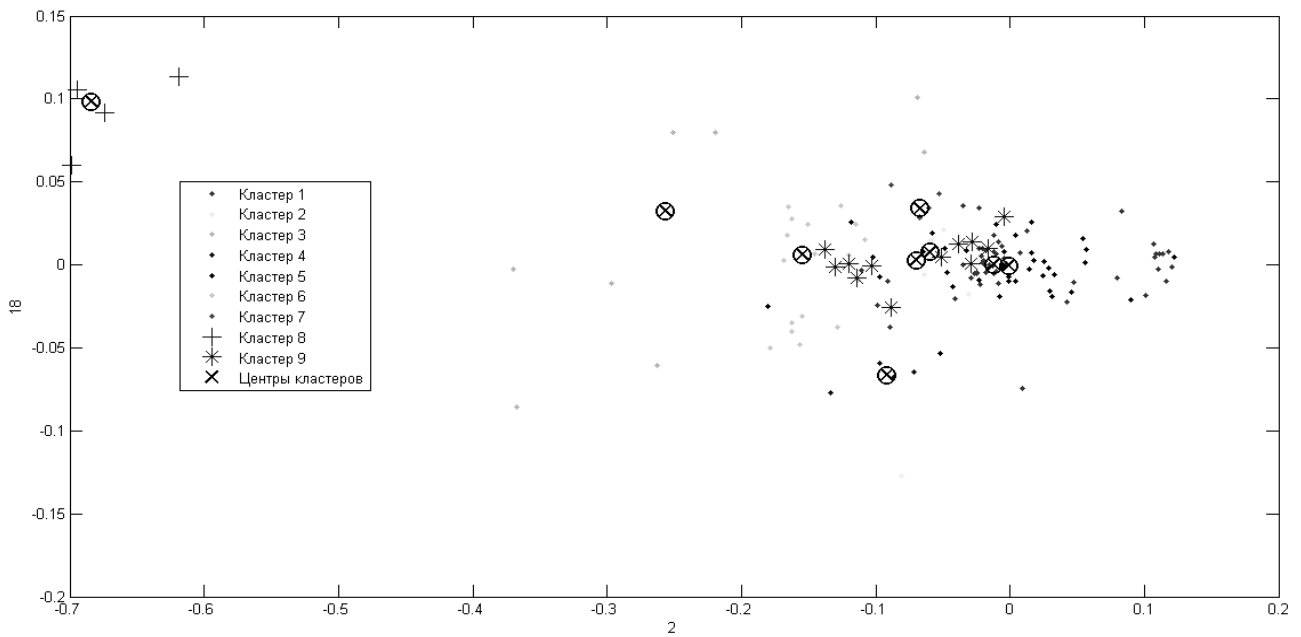


Рис. 3. Результаты кластеризации (2-е и 16-е измерения)

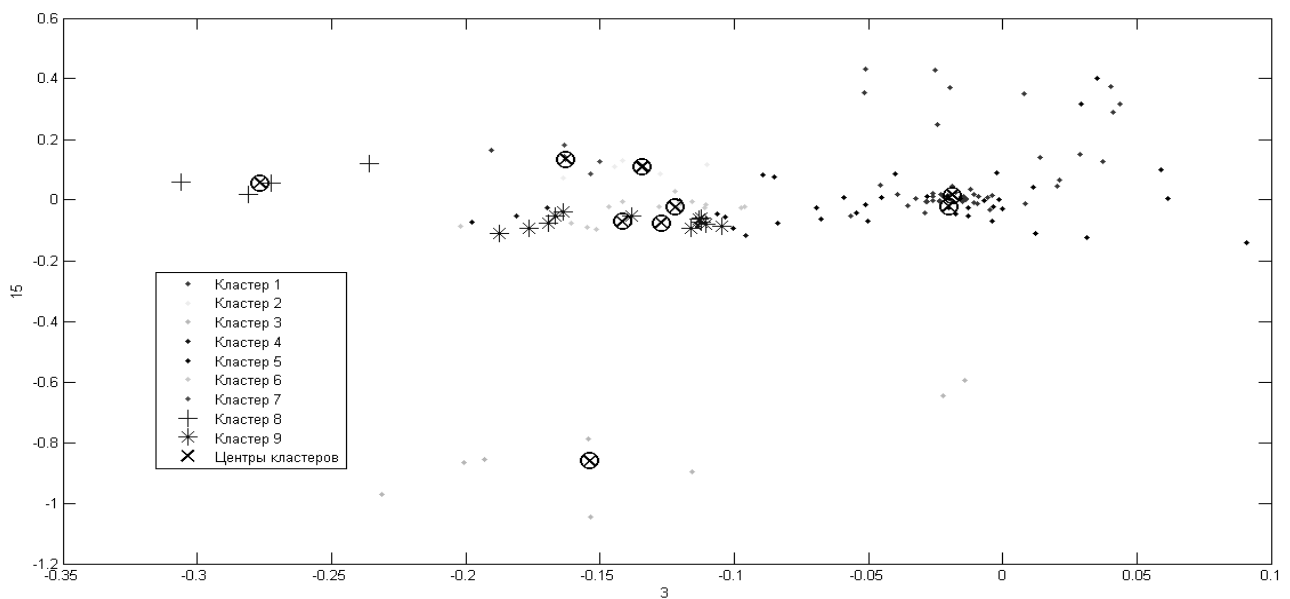


Рис. 4. Результаты кластеризации (3-е и 15-е измерения)

Таблица 1

Итоговое распределение объектов по кластерам

№ кластера	№ мжд. КО
1	20150020002, 20150440002, 20140450002, 20140120002, 20140110003, 20140110003, 20140120002, 20140450002, 20150220003, 20150260003
2	20140610002, 20140110003, 20060070002,
3	20150020002
4	20140600002
5	20140610002, 20150020002, 20140610002, 19990250190, 19970510017
6	20140610002, 19990360001
7	20140610002, 20060070002, 19960300001

Окончание табл. 1

№ кластера	№ мжд. КО
8	20140600002
9	20140610002

Таблица 2

Расстояния между центрами кластеров

<i>K</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.323	1.046	0.666	0.118	0.366	0.352	0.943	0.323
2	0	0	1.15	0.74	0.26	0.20	0.093	0.97	0.213
3	0	0	0	1.09	1.05	1.09	1.15	1.3	0.99
4	0	0	0	0	0.7	0.73	0.72	1.24	0.78
5	0	0	0	0	0	0.285	0.314	0.97	0.245
6	0	0	0	0	0	0	0.25	0.95	0.22
7	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0.255
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В качестве меры разброса элементов, составляющих кластер, рассматривается среднеквадратическое отклонение координат элементов кластера по каждому измерению. Среднеквадратические отклонения коэффициентов тригонометрических многочленов Фурье, в рамках каждого кластера, представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Среднеквадратические отклонения между элементами кластеров (коэффициент a) $\times 10^{-1}$

σ_a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1.3	0.6	0.33	0.33	0.25	0.21	0.16	0.12	0.12	0.18	0.67	0.2	0.13	0.15
2	0.26	0.15	0.16	0.27	0.22	0.17	0.35	0.43	0.69	0.62	0.37	0.25	0.08	0.12
3	3.19	1.18	0.8	0.55	0.32	0.32	0.22	0.25	0.27	0.14	0.03	0.16	0.22	0.17
4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.6	0.58	0.57	0.14	0.25	0.15	0.15	0.11	0.09	0.08	0.10	0.09	0.07	0.08
6	0.57	0.22	0.27	0.16	0.16	0.20	0.17	0.20	0.13	0.13	0.14	0.09	0.11	0.10
7	0.14	0.13	0.06	0.06	0.07	0.11	0.12	0.11	0.15	0.14	0.11	0.08	0.10	0.12
8	0.12	0.36	0.28	0.34	0.41	0.31	0.17	0.34	0.83	0.21	0.08	0.47	0.11	0.28
9	0.36	0.48	0.31	0.18	0.07	0.12	0.13	0.07	0.10	0.08	0.08	0.08	0.10	0.13

Таблица 4

Среднеквадратические отклонения между элементами кластеров (коэффициент b) $\times 10^{-1}$

σ_b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1.34	0.79	0.31	0.16	0.15	0.17	0.15	0.17	0.15	0.10	0.30	0.14	0.18	0.13
2	0.20	0.17	0.08	0.51	0.61	0.56	0.54	0.37	0.14	0.12	0.27	0.35	0.19	0.09
3	1.53	1.79	1.40	0.70	0.40	0.36	0.30	0.20	0.19	0.22	0.31	0.29	0.23	0.16
4	0.39	0.26	0.11	0.07	0.15	0.05	0.19	0.02	0.09	0.15	0.21	0.15	0.14	0.09
5	1.05	0.51	0.53	0.15	0.24	0.19	0.16	0.10	0.09	0.07	0.08	0.08	0.09	0.07
6	0.34	0.17	0.36	0.30	0.22	0.19	0.22	0.13	0.25	0.16	0.18	0.17	0.22	0.17
7	0.34	0.07	0.15	0.08	0.14	0.09	0.04	0.09	0.11	0.07	0.05	0.08	0.09	0.04
8	0.42	0.54	0.70	0.23	0.35	0.30	0.84	0.55	0.20	0.17	0.23	0.25	0.35	0.16
9	0.20	0.12	0.11	0.13	0.11	0.11	0.08	0.10	0.08	0.08	0.13	0.11	0.09	0.07

Анализ данных, содержащихся в табл. 1–4, позволяет сделать следующую коррекцию полученных результатов. Кластеры 1 и 5 объединяются в кластер 1 в связи с минимальным евклидовым расстоянием между их центрами. Образованный кластер используется для характеристики блеска РБ, РН и фрагментов КО, вращение которых образует так называемую сферу вращения, т.е. это достаточно симметричные объекты, центр масс которых совпадает с геометрическим центром КО. Такой вывод основан на анализе данных табл. 2–4. Из результатов проведенного анализа следует, что ни по одной размерности коэффициентов тригонометрического полинома нет аномальных значений среднеквадратического отклонения. Приведенные выше рассуждения подтверждаются аналитически с помощью графиков функций, вошедших в кластеры 1 и 5 (рис. 5).

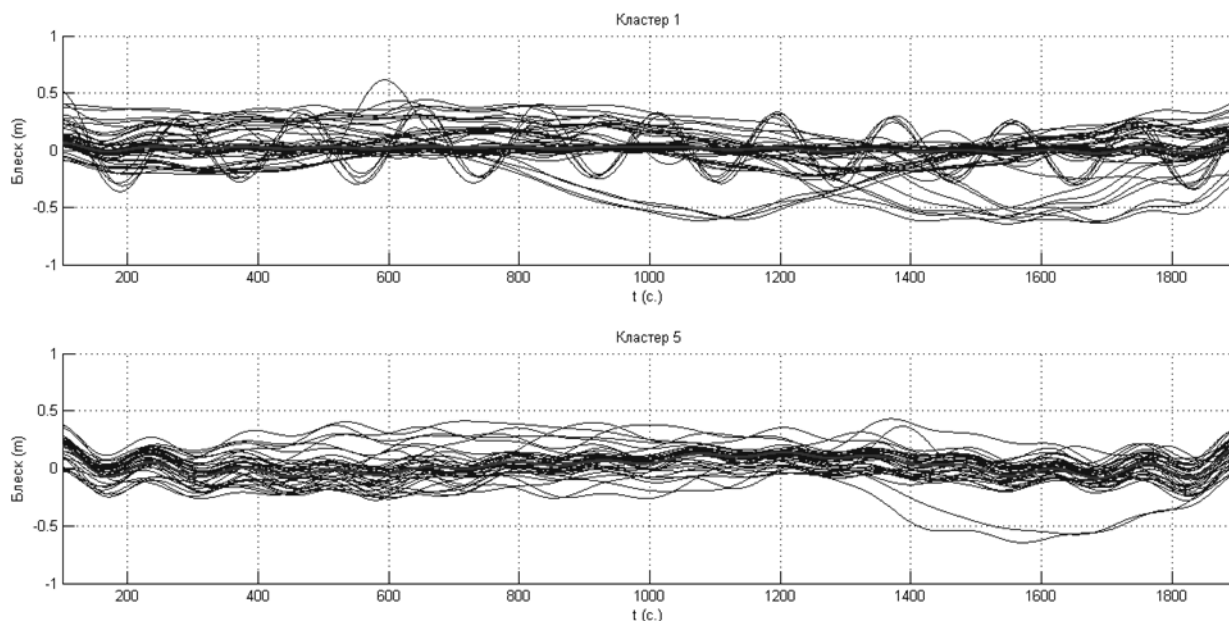


Рис. 5. Объекты кластеров 1 и 5

Кластеры 2, 6, 7, 9 объединяются в кластер 2 по признаку наименьшего расстояния между объектами кластеров. Вид функций блеска КО, вошедших в указанные кластеры, представлен на рис. 6.

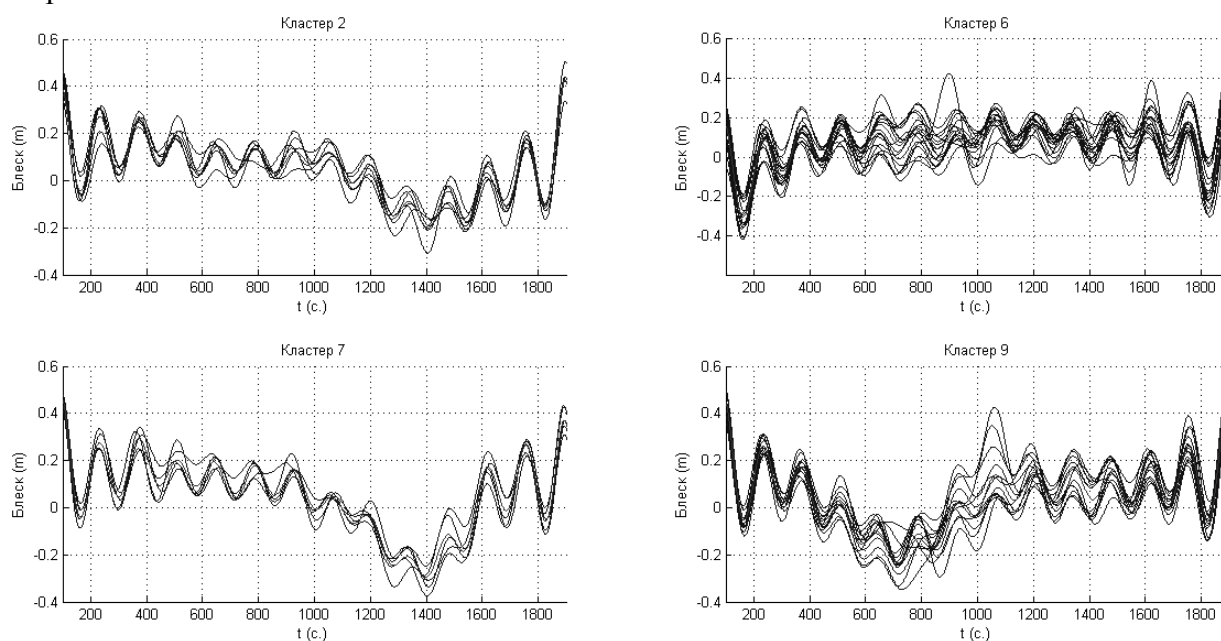


Рис. 6. Объекты кластеров 2, 6, 7, 9

Объекты образованного кластера 2 представляют собой действующие КА и ступени РН, для данных КО характерно отсутствие резких всплесков блеска и его периодическое изменение в небольших пределах (± 0.5 звездных величины) относительно среднего значения.

Оставшиеся кластеры – кластеры 3, 4 и 8 – характеризуют либо КО, обладающие различным значением альбедо [5] для различных участков отражающей поверхности, либо КО, обладающие значительным смещением центра масс относительно своего геометрического центра. Очевидно, кластеры подобного типа (такие как 3, 4 и 8) при обработке больших объемов информации целесообразно использовать для описания функций блеска типовых КО.

Применение тригонометрического многочлена Фурье для аппроксимации функции блеска приводит к потере изменений блеска КО, связанных с наличием у наблюдаемых КО «зернистой» поверхности, а также с случайными воздействиями среды распространения сигнала и аппаратуры его обработки. Компенсация ошибки $|\beta(t) - \beta^*(t)|$, где $\beta^*(t)$ – истинный сигнал от КО, поступивший на обработку наблюдательным средством, производится за счет СВ X , указанной в выражении (1).

Исчерпывающей характеристикой СВ является функция распределения [6]. Для нахождения вида и параметров функции распределения СВ \hat{X} используются классические методы теории вероятностей и математической статистики, применяемые для обработки генеральной совокупности значений $|\beta(t) - \beta^*(t)|$ в пределах каждого формируемого кластера. В ходе статистической обработки результатов эксперимента установлено, что СВ \hat{X} распределена по нормальному закону.

Истинность гипотезы о принадлежности вида распределения СВ X к нормальному проверялась с использованием метода хи-квадрат. Согласно данному критерию в 97% случаев истинное распределение СВ \hat{X} будет соответствовать найденному теоретическому распределению.

Наличие распределения СВ \hat{X} позволяет использовать в выражении (1) вместо величины \hat{X} ее начальные моменты, а также рассчитывать вероятность значений величины блеска КО на различных участках проводки. Параметры функции распределения кластера КО рассчитываются как среднее арифметическое значение параметров функций распределения ошибки прогнозирования блеска объектов, вошедших в кластер, с использованием ее аппроксимации тригонометрическим многочленом Фурье, аргументы которого заданы координатами центра кластера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При планировании задействования ОЭС для сбора координатной и некоординатной информации по определенному КО необходимо учитывать прогнозируемое значение изменения его блеска в ходе проводки. Отсутствие такого учета приводит к значительному снижению вероятности обслуживания КО наблюдательными средствами.

Предложенная аналитическая модель оценки тренда величины блеска космического объекта позволяет произвести анализ его изменения в ходе сеанса наблюдения и определить, возможность выполнения полученной заявки по своей проникающей способности конкретным оптическим наблюдательным средством.

Полученные в рамках исследования результаты способствуют оптимизации процесса распределения сил и средств, используемых для сбора координатной и некоординатной оптической информации по низкоорбитальным, высокоорбитальным и геостационарным космическим объектам.

Список используемых источников

1. *Вениаминов С.С.* Космический мусор. Угроза человечеству. – М.: Механика, управление и информатика, 2013. – 206 с.
2. Наблюдение искусственных спутников Земли. Оптические наблюдения. Фотометрия ИСЗ. – URL: <http://www.sat.belastro.net/glava5/glava5.1.p2.php> (дата обращения: 17.05.2016).
3. Системный анализ и основы теории принятия решений: учеб. пособие / В.Я. Пророк, Д.О. Петрич, С.А. Лепешкин, М.Н. Байбаков. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. – 212 с.
4. Многоканальный мониторинговый телескоп ММТ. Результаты анализа фотометрической информации по космическим объектам на околоземных орбитах. Декабрь 2015 года. – URL: <http://astroguard.ru> (дата обращения: 17.05.2016).
5. *Мартынов Д.Я.* Курс общей астрофизики. – 3-е изд. – М., 1979. – 348 с.
6. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – 10-е изд., стер. – М.: Академия, 2005. – 576 с.

А.С. Данилюк,
кандидат военных наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА МОНИТОРИНГА

Изложены предложения по прогнозированию возможных вариантов изменений состояний деятельности объекта мониторинга путем моделирования известных стохастических свойств, характеризующих наблюдаемый объект на всей «траектории его жизни».

Ключевые слова: вектор, модель, мониторинг, стохастический.

ВВЕДЕНИЕ

Отличительная черта добывания специальной информации, как правило, состоит в том, что должностные лица, принимающие решение (ДЛПР), обладают неполной информацией, характеризующей состояние, деятельность и намерения объекта мониторинга. При этом ДЛПР по имеющимся сведениям при жестких ограничениях по времени должны принять решение об объекте наблюдения.

Каждый объект мониторинга по своей физической сущности функционален, т.е. предназначен для реализации определенного набора функций на «траектории своей жизни» (рис. 1) [1].

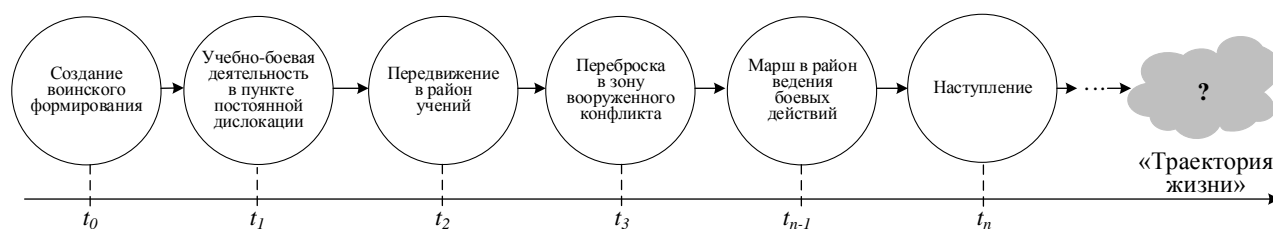


Рис. 1. «Траектория жизни» объекта мониторинга (вариант)

Процесс функционирования объекта мониторинга может быть аппроксимирован некоторой траекторией в n -мерном пространстве, которая обладает множеством параметров, описывающих состояния наблюдаемого объекта в процессе его «жизнедеятельности».

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА МОНИТОРИНГА

Пусть состояние объекта мониторинга, характеризуемого динамико-стохастическими параметрами, описывается вектором состояния $Z_{(n)}(t)$. Тогда задача моделирования [задача изучения (исследования) свойств состояний объекта] будет состоять в получении по результатам наблюдения некоторой оценки $Z_{(n)}^*(t)$, являющейся квазиоптимальной при определенных условиях. Пусть подлежащий оцениванию n -мерный вектор состояния объекта наблюдения описывается выражением

$$Z_{(n)}(t) = \{z_i(t)\}_n = \{z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)\}, \quad i = 1(1)n, \quad (1)$$

где $z_i(t)$ – векторное описание состояния объекта мониторинга в n -мерном пространстве параметров и характеристик в момент времени t ;

t_0 – начальный момент времени описания состояния объекта мониторинга.

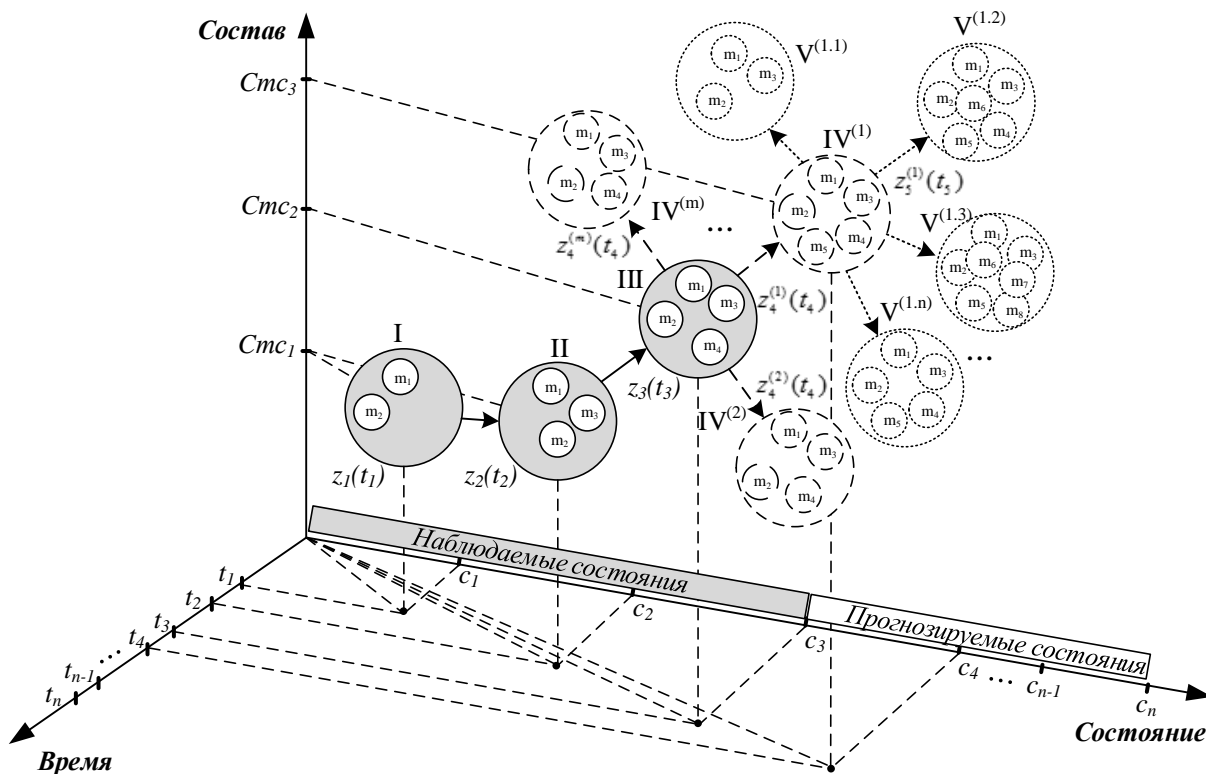


Рис. 2. Обобщенная схема процесса изменения состояний объекта мониторинга

Закономерность приращения координат вектора состояния объекта формально описывается стохастическим дифференциальным уравнением вида

$$dz_i(t) = a_i \{ Z_{(n)}(t), t \} dt + \sum_{k=1}^n b_{ik}(t) d\xi_{\xi_k}(t), \quad i = 1(1)n, \tag{2}$$

где $a_i \{ Z_{(n)}(t), t \}$ – коэффициент сноса;

$b_{ik}(t)$ – коэффициент диффузии, при этом

$$b_{ik}(t), \quad i = 1(1)n, \quad k = 1(1)q;$$

$\xi_k(t)$ – независимые случайные функции с известными характеристиками.

Графическая интерпретация, поясняющая физический смысл выражения (2), представлена на рис. 3.

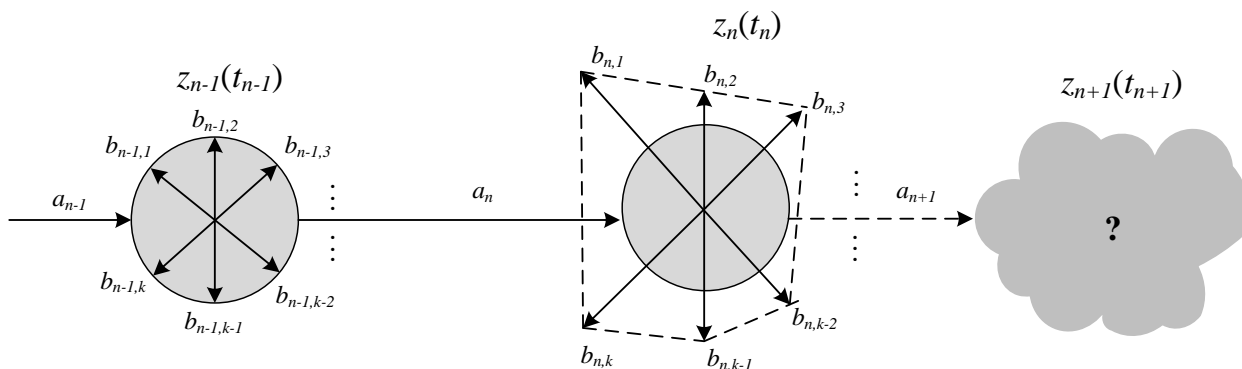


Рис. 3. Графическая интерпретация перехода объекта мониторинга из одного состояния в другое

В свою очередь, коэффициенты сноса и диффузии согласно [2] определяются соответственно следующими выражениями:

$$a_i(Z, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} M[\{z_i(t + \Delta t) - z_i(t)\} / Z, t], \quad (3)$$

$$b_{ik}(Z, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} M[\{z_i(t + \Delta t) - z_i(t)\} \{z_k(t + \Delta t) - z_k(t)\} / Z, t] \quad (4)$$

Следует учесть, что коэффициент сноса $a_i(Z, t)$ определяет среднюю скорость изменения состояния объекта (источника) $z_i(t + \Delta t)$ в фиксированной точке (Z, t) . В свою очередь, коэффициент диффузии $b_{ik}(Z, t)$ характеризует скорость изменения условной ковариации компонент (составляющих описания объекта) $z_i(t + \Delta t)$ и $z_k(t + \Delta t)$ в фиксированной точке (Z, t) , при этом $i, k = 1(1)n$.

Вектор состояния $Z_{(n)}(t)$ характеризует процесс изменения состояния объекта мониторинга и в общем случае является диффузионным процессом Маркова [3]. При этом независимые случайные функции $\xi_k(t)$ имеют известные характеристики

$$M[(\xi_k(t_2) - \xi_k(t_1))^2] = \sigma_k^2(t_2 - t_1),$$

где $M[\xi_k(t)] = 0$, $k = 1(1)n$. Кроме того, в формуле введены обозначения: t_1 – начальный интервал времени наблюдения; t_2 – конечный интервал времени наблюдения.

Аппроксимация «траектории поведения» объекта мониторинга диффузионным процессом Маркова является нестрогой. Реально состояние объекта зависит не только от его текущего состояния, но и от предыдущих состояний и деятельности. В то время как, согласно теории марковских процессов, последующее состояние зависит от текущего состояния и не зависит от предыдущего [3]. Необходимо отметить, что при планомерном или ускоренном изменении состояния деятельности объекта мониторинга данное теоретическое ограничение не является принципиальным. Следовательно, возможно применение математического аппарата марковских процессов для аппроксимации, например, процесса прогнозирования изменения состояний боевой готовности моделируемого объекта, так как для практических задач моделирования важным является выявление тенденций и возможностей моделирования не непрерывной траектории «поведения» объекта, а моделирования параметров многомерного вектора в конкретных точках.

Уравнение (2) в соответствии с [2] может быть преобразовано к виду

$$\frac{dz_i(t)}{dt} = a_i\{Z_{(n)}(t), t\} + \sum_{k=1}^n b_{ik}(t) N_{ik}(t). \quad (5)$$

В формуле (5) $z_i(t_0) = z_{i0}$ при $i=1(1)n$, а $N_{ik}(t)$ – возмущающая функция, которая определяет стохастичность вектора состояния объекта в момент времени t .

Пусть в процессе анализа состояния объекта наблюдаются k компонент вектора его состояния, тогда

$$\Xi_{(n)}(t) = \{\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_n(t)\}.$$

Следовательно, с учетом выражения (5) вектор «реализации» точек траектории состояния имеет вид

$$\Xi_{(n)}(t) = S_{(n)}[Z(t), t] + N_{(n)}(t), \quad (6)$$

где $S_{(n)}(Z, t)$ – моделируемая вектор-функция аргументов $s_n(Z, t)$, при этом

$$S_{(n)}(Z, t) = \{s_1(Z, t), s_2(Z, t), \dots, s_n(Z, t)\};$$

$N_{(n)}(t)$ – вектор случайных возмущающих воздействий на компоненты объекта, при этом

$$N_{(n)}(t) = \{n_1(t), n_2(t), \dots, n_n(t)\}.$$

В силу того что задача оценивания состояния объекта мониторинга решается непрерывно с момента постановки задачи, можно считать, что $\Xi_{\langle n \rangle}(t)$ наблюдается, начиная с момента времени t_0 до времени t . В таких условиях задача моделирования состоит в том, чтобы, наблюдая $\Xi(\tau) = \{\xi_i(\tau), t_0 \leq \tau \leq t\}$, получить оценку вектора состояния объекта $Z_{\langle n \rangle}(t)$. Поскольку точка t является конечной точкой интервала наблюдения τ , то вектор оценки состояния объекта увеличивается с поступлением новой информации об объекте. Фактическая информация о реализации вектора состояния $Z_{\langle n \rangle}(t)$ заключена в условной или апостериорной плотности распределения вероятностей значений компонент вектора состояний при условии, что наблюдается $\Xi_{\langle n \rangle}(t)$, т.е.

$$W(Z_{\langle n \rangle}(t), t) = p(Z_{\langle n \rangle}, t / \Xi_{\langle n \rangle}). \quad (7)$$

Однако для принятия решения о траектории «поведения» моделируемого объекта достаточно знать не полное описание закона распределения, а лишь оценку $Z_{\langle n \rangle}^*(t)$, за которую принимается значение $Z_{\langle n \rangle}(t)$, соответствующее либо максимуму его апостериорного распределения, либо его математическому ожиданию. В последнем случае оценка определяется выражением

$$M[Z_{\langle n \rangle}^*(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} Z_{\langle n \rangle}(t) W_{\tilde{z}}(Z, t) dz_1 dz_2 \dots dz_n. \quad (8)$$

Ошибка при моделировании вектора состояния объекта мониторинга определяется как разность между истинным значением вектора состояния и его оценкой

$$\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t) = Z_{\langle n \rangle}(t) - Z_{\langle n \rangle}^*(t). \quad (9)$$

В том случае, когда $\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t) \neq 0$, возникает необходимость определения ущерба от ошибочного моделирования состояния объекта. Как правило, цена ошибочного решения зависит от последствий ошибки и определяется системой верхнего уровня (суперсистемой).

Формальный подход к оцениванию ущерба состоит в следующем [2]. Выбирается «функция потерь» $c[\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t)]$, как правило, обладающая характеристиками:

- 1) $c[\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t)]$ – скалярной функцией n -переменных;
- 2) $c[\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t) = 0] = 0$ – при отсутствии ошибки (потерь нет);
- 3) соответствием (меньшим значениям $\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t)$ соответствуют меньшие значения «функции потерь»);
- 4) «функцией потерь» – четной функцией.

«Функция потерь», обладающая всеми четырьмя характеристиками, получила название допустимой «функции потерь» [3].

Так как оценка $Z_{\langle n \rangle}^*(t)$ зависит от наблюдаемой реализации компонент (признаков) объекта, то значение «функции потерь» $c[\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t)]$ носит случайный характер. Качество оценивания может быть описано средним значением по множеству наблюдаемых реализаций $\{\Xi_k(t)\}$.

Как правило, чаще всего используются простая, квадратичная или модульная «функция потерь».

1. Простая «функция потерь». Простая функция «функция потерь» описывается выражением

$$c[\tilde{Z}_{\langle n \rangle}(t)] = \begin{cases} c_0, & (z_i - z_i^*) \leq \varepsilon/2, \\ c_1, & (z_i - z_i^*) > \varepsilon/2, \end{cases} \quad (10)$$

где c_0 и c_1 – постоянные величины, причем $c_1 > c_0$, часто выбирают $c_0 = 0$.

При простой «функции потерь» цена ошибки, не превышающая $\varepsilon/2$, или безошибочная оценка характеризуется величиной c_0 . При этом минимальная ошибка определяется исходя из значения $Z_{(n)}(t)$, соответствующего максимуму (моде) апостериорной плотности вероятности распределения вектора наблюдения.

2. Квадратичная «функция потерь». Квадратичная «функция потерь» задается выражением

$$c[\tilde{Z}_{(n)}(t)] = M \left[\left[\tilde{Z}_{(n)}(t) - Z_{(n)}^*(t) \right]^T \left[\tilde{Z}_{(n)}(t) - Z_{(n)}^*(t) \right] \right]. \quad (11)$$

Она показывает значимость «больших», в среднем по компонентам, ошибок, а значение оценки соответствует апостериорному математическому ожиданию.

3. Модульная «функция потерь». Модульная «функция потерь» имеет вид

$$c[\tilde{Z}_{(n)}(t)] = \sum_{i=1}^n V_i |z_i - z_i^*|, \quad (12)$$

где V_i – вес i -го компонента (как правило, назначаемый путем экспертного оценивания), $V_i \neq 0$ для $\exists V_i$. Она дает оценку $\tilde{Z}_{(n)}(t)$, соответствующую медиане апостериорного распределения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из анализа «функций потерь» следует, что в том случае, когда апостериорное распределение унимодально и симметрично относительно моды, для всех допустимых «функций потерь» оптимальные, в смысле минимизации ошибок, оценки вектора состояния объекта совпадают, а само оценивание, обеспечивающее требуемое качество моделирования, состоит в отыскании апостериорных (определяемых результатами наблюдения) законов распределения компонент вектора наблюдения признаков объекта мониторинга.

Это указывает на то, что в процессе моделирования состояния объекта мониторинга можно получить приемлемые для практики результаты, не производя сложные логико-аналитические действия, обеспечивающие детальную аппроксимацию их траекторий «поведения».

2. Использование изложенных материалов обеспечивает решение следующих задач:

- построения гипотез по изменению вида контролируемого объекта (группы объектов);
- оценивания состояния, деятельности и намерений наблюдаемого объекта (группы объектов);
- обнаружения и привязки к координатной сети местоположения объекта (группы объектов);
- выявления факта изменения местоположения, маневрирования объекта (группы объектов) на местности;
- обобщения полученной информации и подготовки отчетных и информационных документов;
- обучения и самообучения подсистемы обработки составление и уточнение эталонных моделей объекта (группы объектов), их состояний и деятельности) и др.

Список используемых источников

1. Данилюк А.С. Методика оценивания эффективности систем мониторинга // Сборник трудов молодых ученых академии. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2004. – Вып.2. – С.235–248.
2. Дынкин Е.Б. Марковские процессы. – М.: Физматгиз, 1968.
3. Ярлыков М.С. Применение Марковской теории нелинейной фильтрации в радиотехнике. – М.: Сов. радио, 1980.

А.И. Замарин,
доктор техн. наук, профессор;
Е.В. Христиничан,
кандидат техн. наук

ОБНАРУЖЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В УЗКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЕ

Представлен подход к обнаружению сверхширокополосных сигналов в условиях структурно-параметрической неопределенности. Проведено исследование воздействия сверхширокополосного сигнала на линейную узкополосную систему. Предлагается способ реализации обнаружителя сверхширокополосных сигналов, основанный на исследовании такого воздействия.

Ключевые слова: сверхширокополосный сигнал (СШП), обнаружение сигналов, методы обнаружения.

ВВЕДЕНИЕ

Одно из требований к современным системам передачи данных, кроме высокой скорости передачи, состоит в конфиденциальности передаваемой информации. В настоящее время ведутся разработки и внедряются средства передачи данных, в которых используются различные технологии, удовлетворяющие конечных потребителей как по скорости передачи информации, так и по ее защищенности.

Одно из направлений развития указанных технологий состоит в использовании сверхширокополосных (СШП) сигналов, которые обеспечивают информационную безопасность на физическом уровне в беспроводных локальных сетях и системах передачи данных, являющихся частью глобального информационного пространства.

В представленной работе под сверхширокополосными (СШП) сигналами понимаются сигналы на основе сверхкоротких импульсов, длительность которых на практике составляет от 0,2 до 2 нс [1]. Особенность таких сигналов состоит в особой форме и значительной ширине амплитудного спектра, что существенно снижает вероятность обнаружения СШП сигналов в условиях структурно-параметрической неопределенности.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОТКЛИКА ЛИНЕЙНОЙ УЗКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ НА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ СИГНАЛ

Аналитическая модель. Пусть на вход узкополосной линейной системы с постоянными параметрами поступает СШП сигнал, формируемый на основе сверхкоротких импульсов. Пусть также линейная система имеет полосу пропускания во много раз меньшую, чем ширина спектра воздействующего СШП сигнала, т.е. $\Delta\omega_{\text{СШП}} \gg \Delta\omega_{\text{П}}$. Тогда отклик системы в виде узкополосного полосового фильтра совпадает с точностью до весового коэффициента с откликом системы на импульсный сигнал в виде δ -функции.

Другими словами, можно утверждать, что отклик узкополосного линейного фильтра на входное воздействие в виде СШП сигнала пропорционален импульсной характеристике такого фильтра.

Пусть линейная система с постоянными параметрами имеет вид полосового фильтра (ПФ) с прямоугольной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ), определяемой следующим выражением:

$$K_{\text{ПФ}}(\omega) = \begin{cases} K_0 & \text{при } \omega_{0\text{ПФ}} - \frac{\Delta\omega_{\text{П}}}{2} \leq \omega \leq \omega_{0\text{ПФ}} + \frac{\Delta\omega_{\text{П}}}{2}, \\ 0 & \text{при других } \omega. \end{cases}$$

Полосовой узкополосный фильтр с амплитудно-частотной характеристикой $K_{\text{ПФ}}(\omega)$ позволяет выделять спектральные составляющие входного сигнала, сосредоточенные в окрестностях частоты ω_0 (рис. 1).

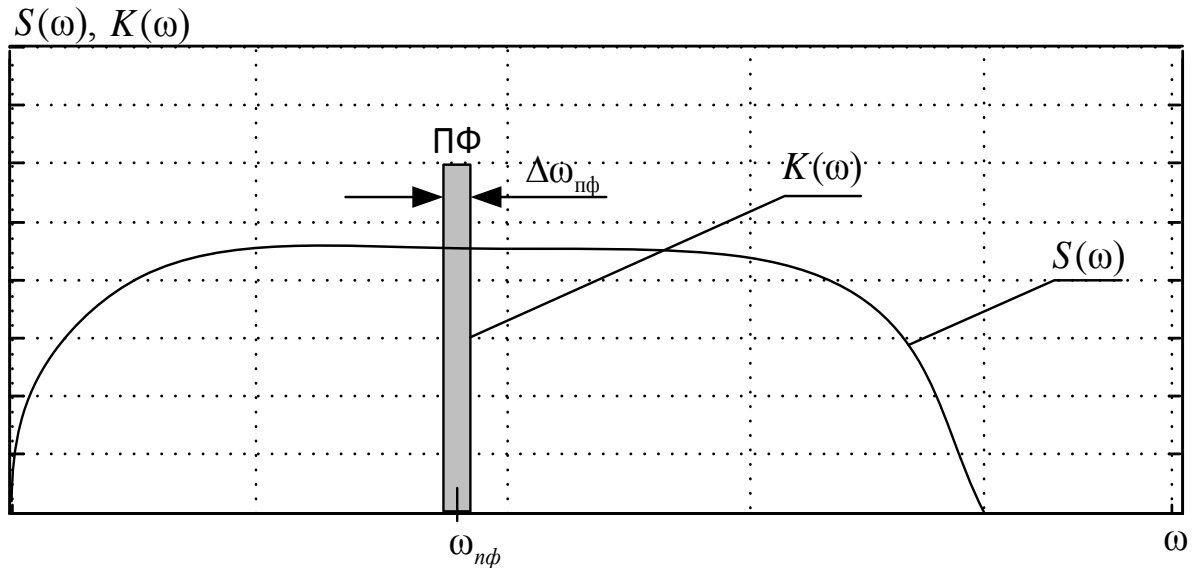


Рис. 1. Амплитудный спектр сверхширокополосного сигнала и АЧХ полосового узкополосного фильтра

В рамках проводимых исследований будем считать, что амплитудный и фазовый спектры воздействующего СШП сигнала в полосе пропускания узкополосного фильтра постоянны и равны их значениям на частоте настройки фильтра. Такое допущение может иметь место в силу выполнения исходного условия $\Delta\omega_{\text{ПФ}} \gg \Delta\omega_{\text{СШП}}$. С учетом сформулированного допущения применительно к воздействию СШП сигнала на узкополосный фильтр (рис. 1) можно записать, что в полосе пропускания узкополосного фильтра выполняются соотношения вида:

$$S_{\text{вх}}(\omega) = S_{\text{вх}}(\omega_{0\text{ПФ}}), \quad \varphi(\omega) = \varphi(\omega_{0\text{ПФ}}).$$

Отклик на выходе линейной системы в частотной области можно определить с помощью обратного преобразования Фурье следующим образом:

$$S_{\text{вых}}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{вх}}(j\omega) K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{вх}}(\omega) e^{j\varphi(\omega)} K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega. \quad (1)$$

С учетом введенного допущения и полосы пропускания фильтра выражение (1) можно представить в виде

$$S_{\text{вых}}(t) = k \frac{S_{\text{вх}}(\omega_{0\text{ПФ}})}{2\pi} \cdot e^{j\varphi(\omega_{0\text{ПФ}})} \cdot \int_{\omega_{0\text{ПФ}} - \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ}}}{2}}^{\omega_{0\text{ПФ}} + \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ}}}{2}} K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega, \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности, учитывающий соотношение физических величин. Из выражения (2) следует, что форма выходного отклика определяется не характером входного колебания, а частотной передаточной функцией линейной системы.

С учетом взаимосвязи импульсной характеристики и частотной передаточной функции линейной системы

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

и окончательно можно записать:

$$S_{\text{вых}}(t) = k S_{\text{вх}}(\omega_{\text{ПФ}}) \cdot e^{j\varphi(\omega_{\text{ПФ}})} \cdot h(t) = g(\omega_{\text{ПФ}}) \cdot h(t), \quad (3)$$

где $g(\omega_{\text{ПФ}})$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от значений амплитудного и фазового спектров СШП сигнала на частоте настройки полосового фильтра.

Таким образом, отклик узкополосного линейного фильтра с постоянными параметрами на входное воздействие в виде СШП сигнала с точностью до постоянного коэффициента совпадает с импульсной характеристикой этого фильтра.

Пусть теперь имеет место многоканальная система, состоящая из набора идентичных полосовых фильтров с одинаковыми амплитудно-частотными и фазо-частотными характеристиками. Отличие указанных фильтров состоит только в частоте их настройки.

Пусть также на вход указанной многоканальной системы поступает СШП сигнал, для которого выполняется условие $\Delta\omega_{\text{ПФ},n} \gg \Delta\omega_{\text{СШП}}$, $n=1(1)N$.

В указанных условиях выходные напряжения фильтров, находящихся в полосе частот СШП сигнала, с точностью до постоянного коэффициента совпадают с импульсными характеристиками соответствующих фильтров и могут быть описаны следующим выражением:

$$S_{\text{вых},n}(t) = \frac{S_{\text{вх}}(\omega_{\text{ПФ},n})}{2\pi} \cdot e^{j\varphi(\omega_{\text{ПФ},n})} \int_{\omega_{\text{ПФ},n} - \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ},n}}{2}}^{\omega_{\text{ПФ},n} + \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ},n}}{2}} K_{\text{ПФ},n}(j\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega = g(\omega_{\text{ПФ},n}) h_{\text{ПФ},n}(t).$$

В приведенном выражении различные значения могут принимать только частоты настройки полосовых фильтров, которые не влияют на форму сигнала на выходе различных каналов, а только смещают их спектр по оси частот. В силу этого сигналы $S_{\text{вых},n}(t)$, $n=1(1)N$ целесообразно представить в таком виде, при котором учитываются только параметры, влияющие на форму откликов. Для этого достаточно перенести полученные выходные напряжения на одну промежуточную частоту или избавиться от составляющей $\omega_{0,n}$, т.е. перенести $S_{\text{вых},n}(t)$ на нулевую частоту путем выделения комплексной огибающей сигналов.

Выделение огибающей сигнала может быть реализовано с помощью преобразования Гильберта [2]. При этом используется понятие аналитического сигнала вида

$$\dot{S}_{\text{вых},n}(t) = S_{\text{вых},n}(t) + jS_{\perp\text{вых},n}(t),$$

где $S_{\perp\text{вых},n}(t)$ – сопряженный сигнал, связанный с исходным преобразованием Гильберта вида

$$S_{\perp\text{вых},n}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{S_{\text{вых},n}(t')}{t-t'} dt'.$$

В рамках преобразований Гильберта огибающая $S'_n(t)$ произвольного сигнала $S_{\text{вых},n}(t)$ определяется как модуль соответствующего аналитического сигнала, т.е.

$$S'_n(t) = \left| \dot{S}_{\text{вых},n}(t) \right| = \sqrt{S_{\text{вых},n}^2(t) + S_{\perp\text{вых},n}^2(t)}.$$

Имитационная модель. Для подтверждения сформулированной гипотезы и проверки адекватности модели отклика полосового фильтра на СШП сигнал проведены испытания методом имитационного моделирования на ПЭВМ. Обобщенная схема имитационного моделирования для анализа отклика на выходе полосового фильтра при воздействии СШП сигнала представлена на рис. 2.

Программная реализация моделирующего алгоритма позволяет провести имитационные эксперименты и получить искомые результаты. В рамках проводимого исследования технология имитационного моделирования включает два этапа.

Этап 1. В ходе первого этапа имитационного моделирования в соответствии со схемой на рис. 2 на вход полосового фильтра с заданными параметрами поочередно подавались модель δ -функции и модель СШП сигнала в виде моноцикла Гаусса.

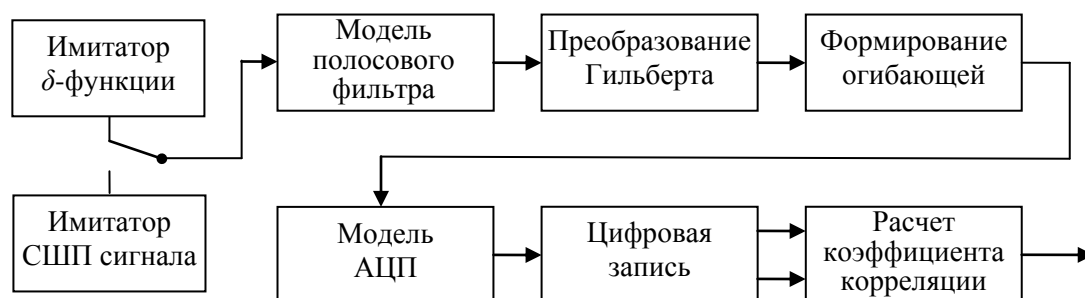


Рис. 2. Обобщенная схема имитационного моделирования

В первом случае на вход полосового фильтра поступает модель δ -функции напряжением $U_\delta \rightarrow \pm\infty$. Отклик фильтра на такое воздействие известен и представляет собой импульсную характеристику фильтра (рис. 3,а)

Во втором случае на вход того же фильтра поступает модель СШП сигнала в виде моноцикла Гаусса длительностью, измеряемой единицами наносекунд, с различной начальной фазой (рис. 3,б).

Визуальный анализ откликов позволяет сделать вывод об их идентичности.

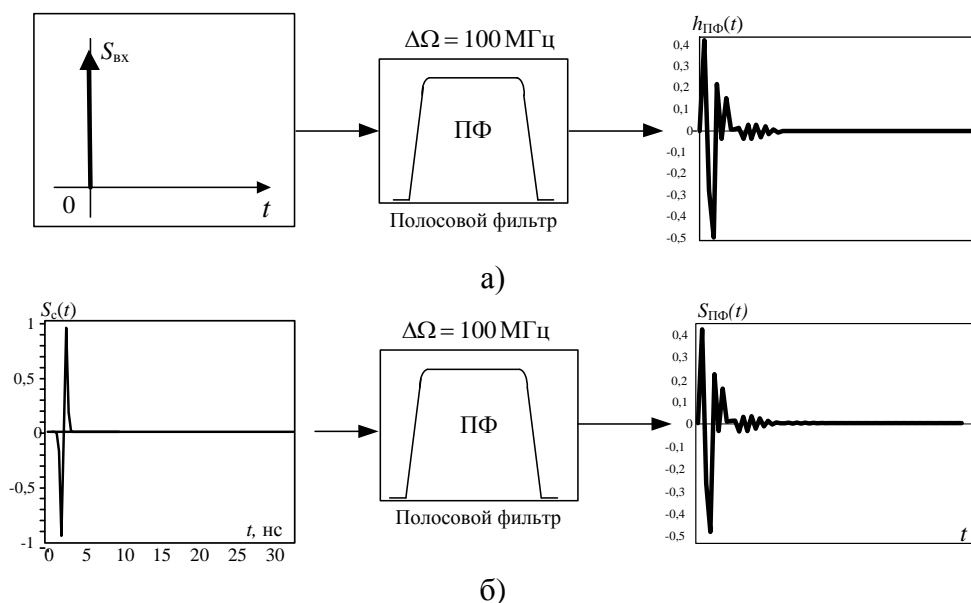


Рис. 3. Отклики полосового фильтра на воздействия в виде дельта-функции $\delta(t)$ и сверхширокополосного сигнала $S_c(t)$ (моноцикл Гаусса):

а – отклик полосового фильтра на воздействие в виде $+\delta(t)$; б – отклик полосового фильтра на воздействие моноцикла Гаусса

Этап 2. В ходе второго этапа имитационного моделирования в соответствии со схемой на рис. 2 на вход полосовых фильтров с заданными параметрами поочередно подавались модель δ -функции и модели двух типов СШП сигналов (моноцикл Гаусса и СШП радиоимпульс). Результаты проведенной серии имитационных экспериментов записывались в цифровом виде в память ЭВМ. После этого проводился расчет коэффициента корреляции между огибаю-

щей откликов полосовых фильтров на воздействие модели δ -функции и огибающей откликов полосовых фильтров на воздействие моделей СШП сигналов. При этом в ходе имитационных экспериментов использовались:

- модели двух типов полосовых фильтров, а именно фильтр с прямоугольной АЧХ и фильтр Баттерворта;
- модели двух типов СШП сигналов, а именно СШП сигнал в виде моноцикла Гаусса и СШП сигнал в виде сверхкороткого радиоимпульса.

Результаты имитационных экспериментов в виде меры сходства (коэффициента корреляции) между откликом полосовых фильтров на модель δ -функции (модель импульсной характеристики фильтра) и откликами полосовых фильтров на модели указанных СШП сигналов для различных значений длительности СШП сигнала приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты имитационных экспериментов

Тип фильтра	Тип сигнала	Коэффициент корреляции			
		$\tau_{и} = 2 \text{ нс}$	$\tau_{и} = 1,5 \text{ нс}$	$\tau_{и} = 1 \text{ нс}$	$\tau_{и} = 0,5 \text{ нс}$
Прямоугольная АЧХ	Моноцикл Гаусса	0,979	0,982	0,985	0,994
	СШП радиоимпульс	0,973	0,975	0,978	0,987
Фильтр Баттерворта	Моноцикл Гаусса	0,983	0,986	0,988	0,997
	СШП радиоимпульс	0,977	0,980	0,982	0,991

Анализ полученных результатов (табл. 1) позволяет сделать вывод о том, что выдвинутая гипотеза о совпадении отклика узкополосного линейного фильтра на входное воздействие в виде СШП сигнала с импульсной характеристикой этого фильтра (с точностью до постоянного коэффициента) подтверждается, а разработанная аналитическая модель отклика имеет высокий уровень адекватности.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Теоретические предпосылки в виде выявленной закономерности воздействия СШП сигналов на ПФ открывают возможность разработки нового подхода к обнаружению СШП сигналов, суть которого отображена на рис. 4.

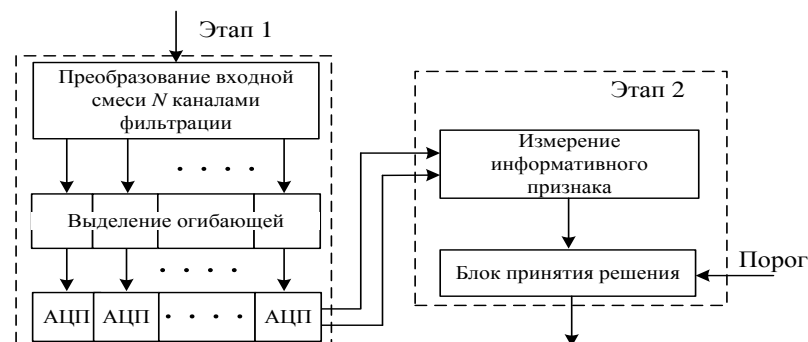


Рис. 4. Последовательность действий для обнаружения сверхширокополосного сигнала

На этапе 1 производятся преобразование входной смеси СШП сигнала и шума набором полосовых фильтров с заданной полосой пропускания, выделение огибающей выходного напряжения на выходе каждого из полосовых фильтров и их преобразование в цифровой вид.

На этапе 2 производится анализ степени линейной взаимосвязи откликов двух произвольно выбранных каналов фильтрации путем вычисления коэффициента корреляции между выходными напряжениями указанных каналов и сравнение измеренного значения информативного признака с порогом принятия решения, что позволяет делать вывод о наличии СШП сигнала на входе обнаружителя или о его отсутствии.

Для фильтрации входной смеси с помощью совокупности ПФ необходимо «перекрыть» диапазон рабочих частот набором полосовых фильтров (разделение происходит по аналогии с многоканальными приемниками). Каждый канал обнаружения СШП сигнала включает два произвольно выбранных канала фильтрации (рис. 5). Основное требование к каналу обнаружения состоит в идентичности формы АЧХ и полосы пропускания полосовых фильтров, используемых в составе каждого канала.

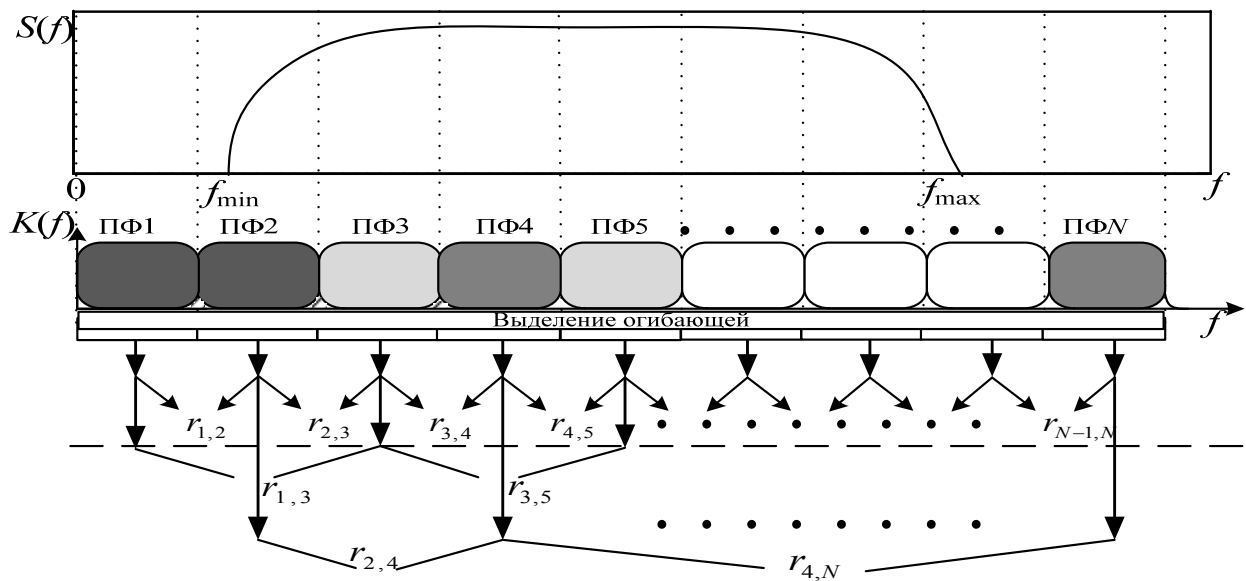


Рис. 5. Схема формирования каналов обнаружения

Рассмотрим выбранный произвольным образом канал обнаружения, на вход которого поступает смесь СШП сигнала и шума $\hat{S}_{\text{вх}}(t)$. На выходах первого и второго полосовых фильтров ПФ1 и ПФ2 выбранного канала обнаружения формируются напряжения:

$$S_1(t) = \frac{S_{\text{вх}}(\omega_{\text{ПФ1}}) \cdot e^{j\varphi(\omega_{\text{ПФ1}})}}{2\pi} \int_{\omega_{\text{ПФ1}} - \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ1}}}{2}}^{\omega_{\text{ПФ1}} + \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ1}}}{2}} K_{\text{ПФ1}}(j\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega = \mathcal{G}(\omega_{\text{ПФ1}}) h_{\text{ПФ1}}(t), \quad (4)$$

$$S_2(t) = \frac{S_{\text{вх}}(\omega_{\text{ПФ2}}) \cdot e^{j\varphi(\omega_{\text{ПФ2}})}}{2\pi} \int_{\omega_{\text{ПФ2}} - \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ2}}}{2}}^{\omega_{\text{ПФ2}} + \frac{\Delta\omega_{\text{ПФ2}}}{2}} K_{\text{ПФ2}}(j\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega = \mathcal{G}(\omega_{\text{ПФ2}}) h_{\text{ПФ2}}(t), \quad (5)$$

где $\omega_{\text{ПФ1}}, \omega_{\text{ПФ2}}$ – резонансные частоты полосовых фильтров ПФ1 и ПФ2;
 $K_{\text{пф1}}(j\omega), K_{\text{пф2}}(j\omega)$ – частотные передаточные функции ПФ1 и ПФ2;
 $h_{\text{пф1}}(t), h_{\text{пф2}}(t)$ – импульсные характеристики полосовых фильтров ПФ1 и ПФ2.

Согласно предложенной технологии, следующий шаг обработки состоит в выделении огибающих полученных напряжений, что может быть реализовано, например, с помощью преобразования Гильберта. Полученные напряжения огибающих откликов в каждом канале

фильтрации подаются на аналогово-цифровые преобразователи, где выполняются дискретизация сигнала (формирование отсчетов) и квантование аналоговых отсчетов.

В результате прохождения напряжений огибающих сигналов через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на выходе каждого канала фильтрации после АЦП формируется последовательность отсчетов $S_{n,i}$, $[i = 1(1)V]$, где V – объем выборки.

На следующем этапе происходит вычисление коэффициента корреляции напряжений на выходах двух каналов фильтрации.

Для определения степени корреляционной зависимости широко используется оценка коэффициента корреляции в виде [5]

$$r_{\hat{S}_m, \hat{S}_k} = \frac{n \sum_{i=1}^n S_{m,i} S_{k,i} - \left(\sum_{i=1}^n S_{m,i} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{k,i} \right)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n S_{m,i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n S_{m,i} \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n S_{k,i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n S_{k,i} \right)^2}}, \quad (6)$$

где S_m, S_k – напряжения с выходов m -го и k -го фильтров.

В результате вычисления значения $r_{\hat{S}_m, \hat{S}_k}$ определяются числовые характеристики показателя линейной связи напряжений с выходов фильтров m и k , выбранных определенным образом в пределах спектра анализируемого СШП сигнала. Таким образом, при отсутствии помех и при наличии СШП сигнала на входе фильтров m и k значение коэффициента корреляции $r_{\hat{S}_m, \hat{S}_k}$ стремится к максимальному значению.

В связи с вышеизложенным в состав одного канала обнаружения СШП сигнала должны входить два канала фильтрации, устройство вычисления коэффициента корреляции и пороговое устройство. Каждый канал фильтрации, в свою очередь, состоит из полосового фильтра, устройства преобразования частоты и АЦП (рис. 6).

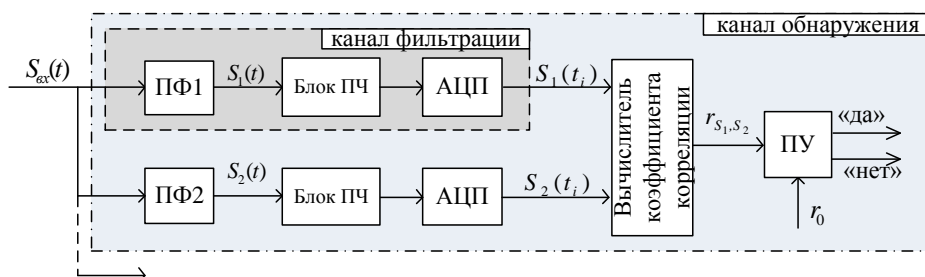


Рис. 6. Схема канала обнаружения сверхширокополосного сигнала

Вместе с тем при реализации указанного подхода остается открытым вопрос определения положения СШП сигнала во временной области (поиск СШП сигнала по времени).

Для решения задачи определения временного положения СШП сигнала на основе предложенного метода обнаружения СШП сигнала необходимо проанализировать изменение во времени значений информативного признака, в качестве которого используется коэффициент корреляции напряжений с выходов выбранных каналов. Для точной фиксации момента скачкообразного изменения коэффициента корреляции при появлении СШП сигнала на входе обнаружителя целесообразно оценивать выбранный параметр в режиме обработки последовательно формируемых выборок (процедура анализа в режиме скользящего окна).

Пусть имеют место цифровые последовательности отсчетов напряжений огибающих сигнала с выходов двух каналов:

$$\begin{aligned} \{S_{m,i}\}_V &= \{S_{m,1}, S_{m,2}, S_{m,3}, \dots, S_{m,i}, \dots, S_{m,V}\}, i = 1(1)V, \\ \{S_{k,i}\}_V &= \{S_{k,1}, S_{k,2}, S_{k,3}, \dots, S_{k,i}, \dots, S_{k,V}\}, i = 1(1)V. \end{aligned}$$

Оценивание значений параметров приведенных последовательностей необходимо производить в масштабе времени, близком к реальному. Следует отметить, что целесообразно тратить на вычисления как можно меньше ресурсов. Это приводит к сокращению общего времени обработки, для чего предлагается использовать режим скользящего окна, при котором мгновенные значения параметров рассчитываются в окне фиксированного размера по рекуррентным алгоритмам. При этом значения элементов выборки на каждом такте, за исключением нового элемента, не изменяются, а значение первого элемента выборки из расчетов исключается.

Вычисление коэффициента корреляции между двумя сегментами последовательностей $S_{m,i}$ и $S_{k,i}$ проводится по выражению [5]

$$\tilde{r}_{\hat{S}_m, \hat{S}_k} = \frac{\tilde{M}[(\hat{S}_m - \tilde{M}_{\hat{S}_m})(\hat{S}_k - \tilde{M}_{\hat{S}_k})]}{\tilde{\sigma}_{\hat{S}_m} \tilde{\sigma}_{\hat{S}_k}}. \quad (7)$$

Таким образом, для вычисления коэффициента корреляции в режиме скользящего окна требуется выполнить расчеты: оценок математических ожиданий (МО) случайных величин \hat{S}_m и \hat{S}_k , оценки математического ожидания произведения центрированных случайных величин $(\hat{S}_m - \tilde{M}_{\hat{S}_m})(\hat{S}_k - \tilde{M}_{\hat{S}_k})$, а также расчет СКО $\tilde{\sigma}_{\hat{S}_m}, \tilde{\sigma}_{\hat{S}_k}$ на каждом такте поиска.

Этап 1. Расчет оценок математического ожидания случайных величин $S_{m,i}$ и $S_{k,i}$ в режиме скользящего окна. Несмещенная состоятельная и эффективная оценка МО рассматриваемой случайной величины, например $S_{m,i}$, определяется как [5]

$$\tilde{M}_V[\hat{S}_m] = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V S_{m,i}. \quad (8)$$

Расчет оценки скользящего МО ($\tilde{M}_V^{(ck)}[\hat{S}_m]$) производится с учетом того, что объем выборки не изменяется, меняется лишь положение выборки в общем массиве данных. В этом случае оценка математических ожиданий для новых статистических данных (вторая выборка) $\{S_{m,i}\}_V^{(2)} = \{S_{m,2}, S_{m,3}, \dots, S_{m,i}, \dots, S_{m,V}, S_{m,V+1}\}$ определяется как

$$\tilde{M}_{V+1}^{(ck)}[\hat{S}_{m+1}] = \frac{1}{V} \sum_{i=2}^{V+1} S_{m,i} = \tilde{M}_V[\hat{S}_m] + \frac{S_{m,V+1} - S_{m,1}}{V}. \quad (9)$$

В общем виде выражение для расчета оценки МО элементов массива в скользящем окне принимает следующий вид:

$$\tilde{M}_{V+e}^{(ck)}[\hat{S}_{m+e}] = \frac{1}{V} \sum_{i=e}^{V+e} S_{m,i} = \tilde{M}_{V+e}[\hat{S}_{m,v+e-1}] + \frac{S_{m,V+e} - S_{m,e}}{V}, \quad i = e(1)V + e, \quad e = 1(1)Z, \quad (10)$$

где e – величина смещения относительно исходной выборки.

Этап 2. Расчет оценки математического ожидания произведения центрированных случайных величин $M[(\hat{S}_m - \tilde{M}_{\hat{S}_m})(\hat{S}_k - \tilde{M}_{\hat{S}_k})]$ в режиме скользящего окна. Несмещенная состоятельная и эффективная оценка МО рассматриваемого произведения определяется как

$$M_V[(S_{m,v} - M_V[\hat{S}_{m,v}])(S_{k,v} - M_V[\hat{S}_{k,v}])] = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V (S_{m,i} - \tilde{M}_V[\hat{S}_{m,v}])(\hat{S}_{k,i} - \tilde{M}_V[\hat{S}_{k,v}]). \quad (11)$$

Расчет оценки МО произведения в режиме скользящего окна, как и в предыдущем случае, производится с учетом того, что меняется лишь положение выборки в общем массиве данных. Тогда оценка МО для новых статистических данных вида (вторая выборка) $\{S_{m,i}\}_V^{(2)} = \{S_{m,2}, S_{m,3}, \dots, S_{m,i}, \dots, S_{m,V}, S_{m,V+1}\}$ определяется как

$$\begin{aligned}
M_{V+1}^{(ck)}[(S_{m,V+1} - M[\hat{S}_{m,V+1}])(S_{k,V+1} - M[\hat{S}_{k,V+1}])] &= \frac{1}{V} \sum_{i=2}^{V+1} (S_{m,i} - M[\hat{S}_{m,V+1}])(\hat{S}_{k,i} - M[\hat{S}_{k,V+1}]) = \\
&= M_V[(S_{m,V} - M[\hat{S}_{m,V}])(S_{k,V} - M[\hat{S}_{k,V}])] + \frac{(S_{m,V+1} - M[\hat{S}_{m,V+1}])(\hat{S}_{k,V+1} - M[\hat{S}_{k,V+1}])}{V} - \\
&\quad \frac{(S_{m,1} - M[\hat{S}_{m,1}])(\hat{S}_{k,1} - M[\hat{S}_{k,1}])}{V}. \tag{12}
\end{aligned}$$

В общем виде выражение для расчета оценки МО произведения элементов массива в скользящем окне принимает вид

$$\begin{aligned}
M_{V+e}^{(ck)}[(S_{m,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])(S_{k,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{k,V+e}])] &= \\
&= \frac{1}{V} \sum_{i=e}^{V+e} (S_{m,i} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])(\hat{S}_{k,i} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{k,V+e}]) = \\
&= M_{V+e-1}^{(ck)}[(S_{m,V+e-1} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])(S_{k,V+e-1} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{k,V+e}])] + \\
&+ \frac{(S_{m,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])(\hat{S}_{k,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{k,V+e}])}{V} - \frac{(S_{m,e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,e}])(\hat{S}_{k,e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{k,e}])}{V}. \tag{13}
\end{aligned}$$

Этап 3. Расчет оценки дисперсии в режиме скользящего окна. В силу того что при расчете коэффициента корреляции двух случайных величин МО каждой из случайных величин неизвестно, для расчета несмещенной оценки дисперсии используется оценка МО $\tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}]$, определяемая выражением (10). Несмещенная состоятельная и эффективная оценка дисперсии в общем случае определяется как [5]

$$\tilde{D}_V[\hat{S}_m] = \frac{1}{V-1} \sum_{i=1}^V (S_{m,i} - \tilde{M}_V[\hat{S}_m])^2. \tag{14}$$

Для вычисления дисперсии в режиме скользящего окна необходимо воспользоваться формулой [6]

$$\tilde{D}_{V+e}^{(ck)}[\hat{S}_{m+e}] = \frac{1}{V-1} \sum_{i=e}^{V+e} (S_{m,V+e-1} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])^2. \tag{15}$$

Для определения оценки дисперсии по рекуррентному алгоритму, не прибегая к вычислениям по формуле (15), удобно воспользоваться следующим выражением [6]:

$$\begin{aligned}
\tilde{D}_{V+e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}] &= \tilde{D}_{V+e-1}[\hat{S}_{m,V+e-1}] + \frac{V}{V-1} (\tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}] - \tilde{M}_{V+e-1}[\hat{S}_{m,V+e-1}])^2 + \\
&+ \frac{1}{V-1} (\hat{S}_{m,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])^2 - \frac{1}{V-1} (\hat{S}_{m,e} - \tilde{M}_e^{(ck)}[\hat{S}_{m,e}])^2. \tag{16}
\end{aligned}$$

С учетом формул (10), (14) и (16) выражение для расчета коэффициента корреляции двух выборок $\{S_{m,i}\}_V = \{S_{m,1}, S_{m,2}, S_{m,3}, \dots, S_{m,i}, \dots, S_{m,V}\}$ и $\{S_{k,i}\}_V = \{S_{k,1}, S_{k,2}, S_{k,3}, \dots, S_{k,i}, \dots, S_{k,V}\}$ в режиме скользящего окна принимает вид

$$r_{\hat{S}_m \hat{S}_k}^{(ck)} = \frac{M_{V+e}^{(ck)}[(S_{m,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{m,V+e}])(S_{k,V+e} - \tilde{M}_{V,e}^{(ck)}[\hat{S}_{k,V+e}])]}{\sqrt{\tilde{D}_{V+e}^{(ck)}[\hat{S}_{m+e}]} \sqrt{\tilde{D}_{V+e}^{(ck)}[\hat{S}_{k+e}]}}. \tag{17}$$

Полученные соотношения позволяют значительно сократить объем вычислений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов аналитического и имитационного моделирования отклика узкополосной линейной системы на воздействие в виде СШП сигнала был сделан вывод о том, что он с точностью до постоянного коэффициента совпадает с импульсной характеристикой такой системы. Выдвинутая гипотеза подтверждена экспериментом.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке нового метода обнаружения СШП сигналов в условиях структурно-параметрической неопределенности. В работе предложен подход к практической реализации предлагаемого метода обнаружения СШП сигналов.

Список используемых источников

1. *Замуруев С.Н., Федотов Д.В., Судаков А. А.* Сигналы, используемые в сверхширокополосных радиосистемах // Научные технологии. – 2005. – №7. – С.54–61.
2. *Вертягин А.А.* Теория обработки сигналов и автоматического управления в радиоэлектронных системах. – СПб.: МО РФ, 1992. – 718 с.
3. *Куприянов А.И., Петренко П.Б., Сычев М.П.* Теоретические основы радиоэлектронной разведки. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 382 с.
4. Статистические методы обработки результатов наблюдений / под ред. Р.М. Юсупова. – Л.: МО СССР, 1984. – 563 с.

В.В. Лобовко;
М.А. Сквасников,
кандидат техн. наук

МЕТОД ИЕРАРХИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Представлен метод распознавания сложных наземных объектов при решении задач обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Предлагаемый метод заключается в распознавании сложных топографических объектов по данным ДЗЗ в соответствии с разработанной иерархической структурой их классификации, в основу которой положено функциональное предназначение объекта. Проведен анализ состояния средств ДЗЗ. Описана модель классификации сложных объектов, разработан алгоритм их распознавания.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, топографическое дешифрирование, распознавание объектов, иерархическая структура классификации.

Системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) стали необходимым компонентом информационной инфраструктуры современного государства. Мировой и российский рынки информационных продуктов на основе данных ДЗЗ стремительно развиваются. Разрабатываются новые технологии приема и обработки данных, расширяются прикладные области их применения. Если в начале 90-х годов космические системы ДЗЗ эксплуатировали семь стран (Россия, США, Китай, Франция, Индия, Израиль, Япония), то в 2000 году их было уже 15, а в настоящее время – это более 30 стран.

Дистанционное зондирование Земли ведется путем применения КА и беспилотных летательных аппаратов (БЛА), на борту которых находится оптико-электронная и радиолокационная аппаратура. Решение широкого спектра задач в интересах Министерства обороны РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Пограничной службы ФСБ и других силовых структур; экологический мониторинг; выполнение топографо-геодезических, картографических, фототопографических работ; геоинформационное картографирование – все это невозможно без применения данных ДЗЗ [7].

Использование данных ДЗЗ существенно повышает эффективность мониторинга и позволяет решить следующие задачи: создание наиболее точной, актуальной и наглядной электронной геопространственной основы на оперативный район; разработку разномасштабных ситуационных схем от региона в целом до конкретного города в виде векторных электронных карт в целях планирования операций и анализа ситуаций; точное картографирование последствий чрезвычайных ситуаций [3].

В настоящее время российская орбитальная группировка состоит из восьми КА ДЗЗ, включая в себя три КА гидрометеорологического назначения (два КА «Метеор-М» и один КА «Электро-Л»), три КА природоресурсного назначения («Ресурс-П») и два малых КА («Канопус-В», «Аист-2Д»). Планируется расширение орбитальной группировки мониторингового назначения за счет появления радиолокационных космических комплексов оперативного всепогодного круглосуточного наблюдения Земли «Кондор» и «Обзор-Р» [5]. Постоянно расширяется применение беспилотных летательных аппаратов самолетного и вертолетного типов (ZALA, GeoScan, Unmanned, Trimble, SuperCam, Scout B1-100 и др.) [6].

Рост количества космических и воздушных средств ДЗЗ приводит к значительному увеличению объема поступающих данных.

Кроме того, решение оперативных задач мониторинга земной поверхности, особенно при возникновении чрезвычайных ситуаций, обуславливает ужесточение требований потребителей к оперативности обработки и предоставления аэрокосмических снимков.

Таким образом, возникает проблема, заключающаяся в противоречии между ростом объема добываемых данных, ужесточением требований к оперативности их обработки и ограниченными возможностями систем обработки данных ДЗЗ.

Основополагающим этапом обработки данных ДЗЗ является дешифрирование. Дешифрирование снимков – это один из методов изучения местности по ее изображению, полученный посредством аэрокосмической съемки, заключающийся в выявлении и распознавании снятых объектов, установлении их качественных и количественных характеристик, а также регистрации результатов в графической (условными знаками), цифровой и текстовой формах. Для удовлетворения требований потребителей по оперативности с учетом возрастания объемов данных ДЗЗ актуальной является задача разработки моделей и методов автоматизированного распознавания сложных объектов.

Предлагаемый метод заключается в распознавании сложных топографических объектов по данным ДЗЗ в соответствии с разработанной иерархической структурой их классификации, в основу которой положено такое свойство объекта, как его функциональное предназначение. На рис. 1 на примере юго-западного района г. Санкт-Петербурга показано деление населенного пункта на функциональные зоны.



Рис. 1. Функциональные зоны юго-западного района г. Санкт-Петербурга

Объектами топографического дешифрирования аэрокосмических снимков являются: гидрографическая сеть, растительность, грунты, угодья, формы рельефа, ледниковые образования, населенные пункты, строения и сооружения, дороги, местные предметы, геодезические пункты, границы [1].

Данные классы объектов определяют первый (высший) уровень классификации или *объекты первой категории*.

На низшем уровне предлагаемой структуры классификации находятся полностью идентифицированные *единичные объекты*. Количество категорий или ступеней деления объектов зависит от выбранной модели классификации. Одна из ветвей разработанной иерархической модели классификации топографических объектов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Иерархическая модель классификации топографических объектов

1	Населенные пункты		
1.1	Объекты селитебной зоны		
1.1.1	Жилые объекты		
1.1.1.1	Жилые объекты для длительного проживания		
1.1.1.1.1	Многоквартирные дома		
1.1.1.1.2	Коттеджи		
1.1.1.1.3	Виллы		
1.1.1.1.4	Многоэтажные дома		
1.1.1.2	Жилые объекты для временного проживания		
1.1.1.2.1	Общежития		
1.1.1.2.2	Гостиницы		
1.1.2	Хозяйственные объекты		
1.1.2.1	Объекты водоснабжения и канализации		
1.1.2.1.1	Водонапорные башни		
1.1.2.1.2	Водоочистные сооружения		
1.1.2.1.3	Насосные		
1.1.2.2	Объекты электроснабжения		
1.1.2.2.1	Трансформаторные подстанции		
1.1.2.2.2	Линии электропередач		
1.1.2.3	Объекты теплоснабжения		
1.1.2.4	Объекты газоснабжения		
1.1.3	Медицинские объекты		
1.1.4	Административные объекты		
1.1.5	Научные объекты		
1.1.6	Объекты образования		
1.1.7	Спортивные объекты		
1.1.8	Земельные насаждения общественного доступа		
1.2	Объекты промышленной зоны		
1.2.1	Объекты нефтеперерабатывающей отрасли		
1.2.2	Объекты химической отрасли		
1.2.3	Объекты машиностроительной отрасли		
1.2.4	Объекты электроэнергетической отрасли		
1.2.5	Объекты металлургической отрасли		
1.2.6	Объекты судостроительной отрасли		
1.2.7	Объекты авиаракетной отрасли		
1.2.8	Объекты атомной отрасли		
1.3	Объекты коммунально-складской зоны		
1.3.1	Склады		
1.3.2	Гаражи		
1.3.3	Автобазы		
1.3.4	Трамвайные депо		
1.3.5	Троллейбусные парки		
1.3.6	Автобусные парки		
1.3.7	Объекты водоснабжения		
1.3.8	Объекты канализации		
1.4	Объекты санитарно-защитной зоны		
1.4.1	Полосы защитных насаждений		
1.4.2	Парки и скверы отдыха		
1.5	Объекты зоны внешнего транспорта		
1.5.1	Пассажирские железнодорожные станции		
1.5.2	Грузовые железнодорожные станции		
1.5.3	Аэропорты		
1.5.4	Порты		

На рис. 2 представлены некоторые объекты, выделенные в селитебной зоне. Уровень их классификации зависит от требований потребителя. Так, жилые здания можно отшеффрировать как капитальный жилой объект (рис. 2,а), многоквартирный дом (рис. 2,б) или же идентифицировать каждое жилое здание (рис. 2,в).

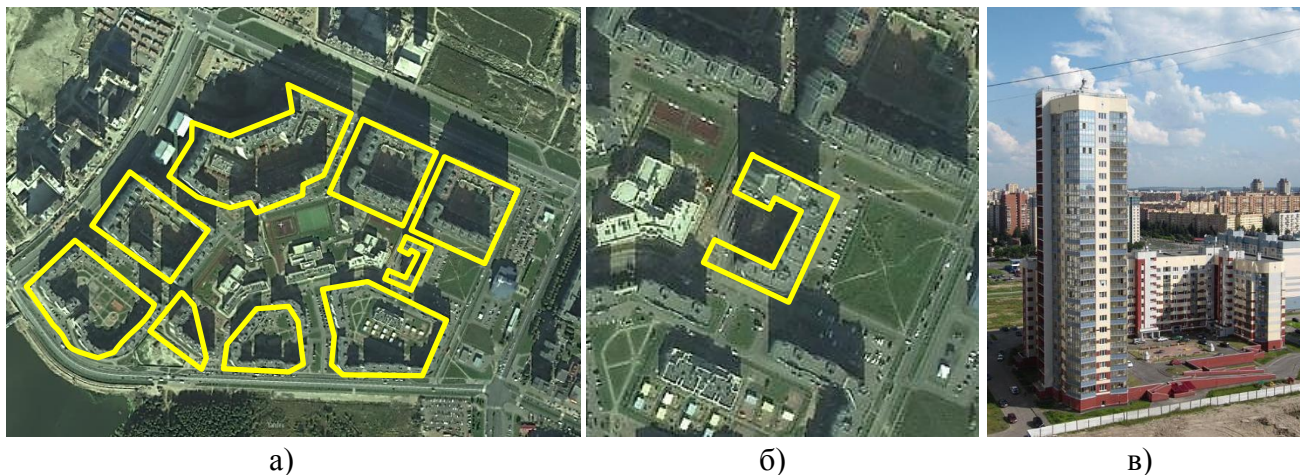


Рис. 2. Распознавание объектов селитебной зоны:

а – капитальный жилой объект; б – многоквартирный дом; в – жилое здание (ЖК «KVS», ул. Доблести, д.17)

Для решения задачи распознавания сложных объектов предлагается использовать математический аппарат теории вероятностей, математической статистики и теории распознавания образов [2].

Система распознавания на основании сопоставления поступающей на вход апостериорной информации об объекте или явлении с априорным описанием классов принимает решение о принадлежности этого объекта или явления к одному из классов.

Словарь признаков сформирован на этапе концептуального моделирования категорий сложных объектов. В словарь признаков включены как качественные (логические), так и количественные признаки. К качественным относятся:

- наличие (отсутствие) типовых сооружений (элементов объектов), например, для водоочистных сооружений (рис. 3) – отстойников, аэротенков, песколовков;
- форма объекта: круглое (в плане) сооружение (рис. 3, элемент 5) первичного отстойника;
- цвет (тон) объекта: темно-серый – черный тон воды в отстойниках;
- текстура поверхности: гладкая, струйчатая, пятнистая, сетчатая, полосчатая (например, песколовки, аэротенки), зернистая;
- местоположение объекта: водоочистные сооружения располагаются на окраине городской черты;
- взаимосвязь объектов: промышленные предприятия (узлы), в производственном цикле которых используется большое количество воды, взаимосвязаны с водоочистными сооружениями;
- результаты функционирования объекта: при функционировании аэротенков на их поверхности наблюдаются буруны и завихрения.

К количественным признакам относятся:

- размеры объекта: например, диаметр радиального отстойника водоочистных сооружений (рис. 3, элемент 5) составляет 24 м;
- количество объектов (элементов объекта): например, количество радиальных отстойников в зоне первичных или вторичных отстойников водоочистных сооружений (рис. 3, элементы 5 и 8).

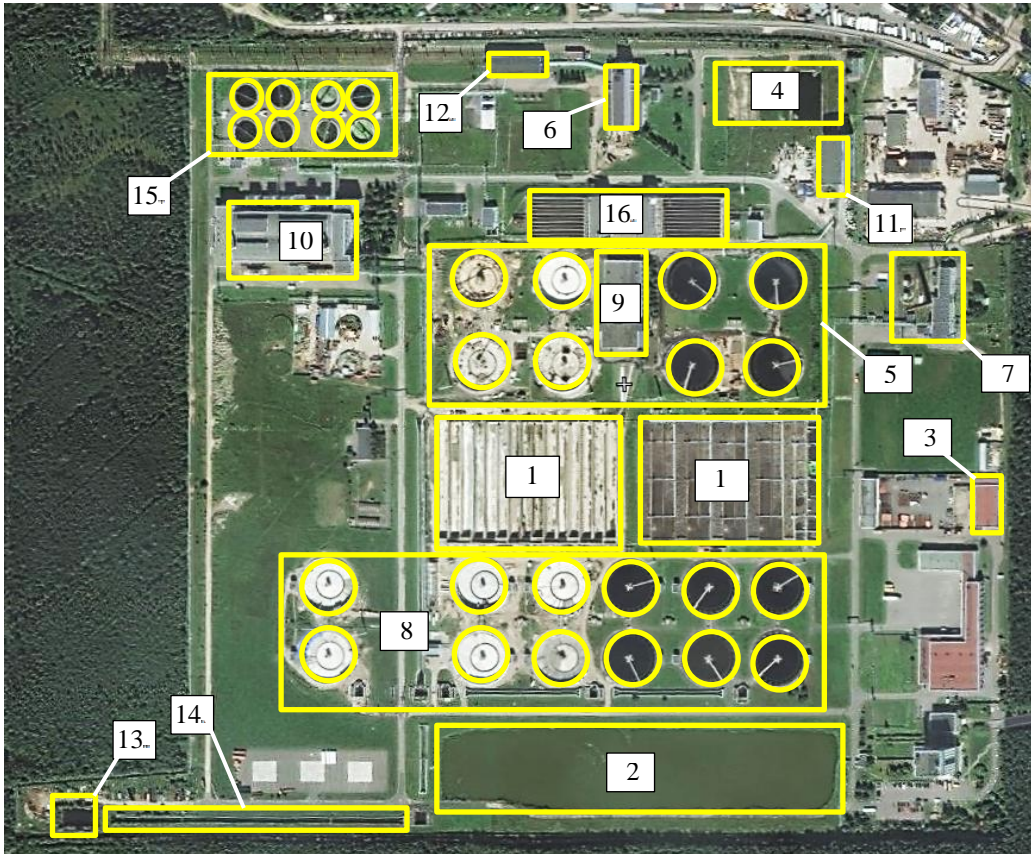


Рис. 3. Водоочистные сооружения:

1 – аэротенки; 2 – водоем; 3 – склад; 4 – песковые площадки; 5 – первичные отстойники; 6 – канализационно-насосная станция; 7 – котельная; 8 – вторичные отстойники; 9 – цех нагнетателей; 10 – цех сжигания твердого осадка; 11 – щитовые камеры; 12 – электрическая подстанция; 13 – камера выпуска; 14 – подводящий канал; 15 – илоуплотнители; 16 – песколовки

В решении задачи распознавания все классы алфавита были описаны на языке признаков, включенных в рабочий словарь.

Для определения априорной вероятности появления определенного класса объектов применяются данные ДЗЗ и другие источники информации.

В качестве исходных данных в системе распознавания используются:

- функции совместных n -мерных плотностей вероятности $\varphi(A_1, A_2 \dots A_n/K_i)$ выборочных значений признаков $(A_1, A_2 \dots A_n)$ при условии их принадлежности к классу K_i ;
- априорные вероятности $P(K_i)$ появления объекта класса K_i .

Данные характеристики получены на основе использования статистических методов обработки и экспертной информации.

Способ решения задачи выбора алгоритма распознавания зависит от априорной информации, которой располагает разработчик системы.

Так как в статистическом распознавании условные плотности вероятности выборочных значений $A_{<n>}$ априорно неизвестны, то в решающее правило подставляются их оценки $\tilde{\varphi} = \varphi(A_1, A_2, \dots A_n/K_i)$.

Выбор решающего правила, позволяющего относить выборку наблюдений признаков $A_{<n>}^j$ к одному из взаимоисключающих классов, производится в соответствии с теорией статистических решений с учетом априорной информации.

Так как исходными данными являются $P(A_i)$ – априорная вероятность появления объекта класса K_i и $\varphi(j/K_i)$ – вероятность появления j -й реализации признаков при условии наблюдения объектов класса K_i и в то же время отсутствует информация о потерях при принятии решения, то в качестве критерия принятия решения предлагается метод максимума апостериорной вероятности.

При многоальтернативном распознавании (для M классов) решающее правило по критерию максимума апостериорной вероятности описывается следующим выражением:

$$P(K_p)\tilde{\varphi}(j/K_p) = \max_i[\tilde{\varphi}(j/K_i)P(K_i)], i = \overline{1, M}. \quad (1)$$

Представленная модель распознавания сложных объектов позволяет в соответствии с критерием максимума апостериорной вероятности принимать решение о принадлежности выборки к определенному классу.

На основании предложенной модели разработан алгоритм распознавания сложных объектов (рис. 4), в котором при классификации объектов использован многоуровневый подход. На каждом уровне осуществляется классификация объектов в соответствии с категоризованной выборкой классов. В соответствии с иерархической моделью (табл. 1) к классам 1-й категории относятся населенные пункты, гидрография, растительность и т.п. На втором уровне происходит классификация объектов, отнесенных к определенному классу 1-й категории, на объекты 2-й категории. Например, населенные пункты подразделяются на объекты селитебной, промышленной, коммунально-складской зон и т.д. Классификация производится до требуемого уровня, вплоть до идентификации единичного объекта.

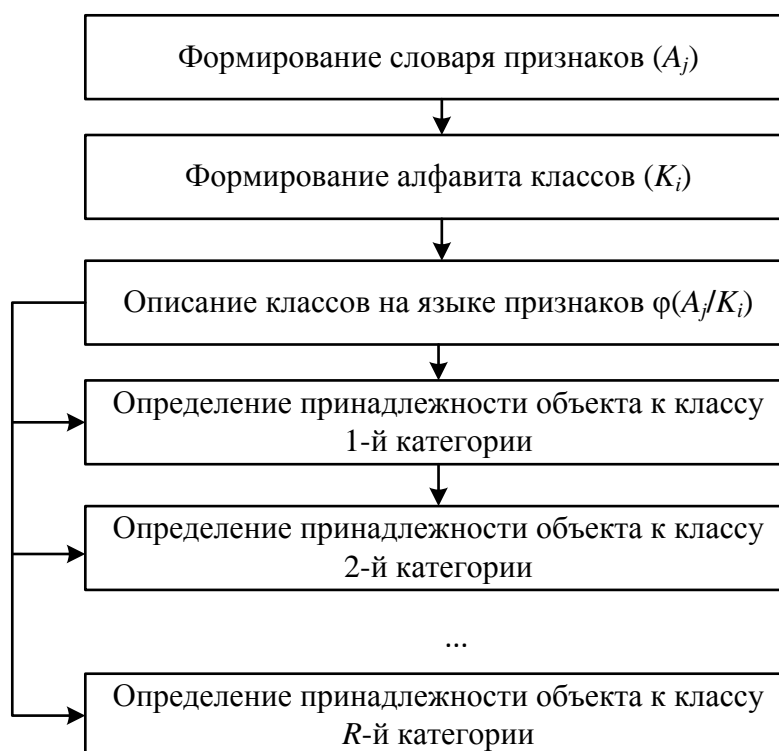


Рис. 4. Алгоритм распознавания сложных объектов

Разработанный метод может быть положен в основу создания программного комплекса для автоматизированного анализа состояния сложных объектов. Использование данного комплекса в составе программно-технических средств сбора и обработки данных ДЗЗ позво-

лит значительно повысить качество решаемых задач и обеспечить требования потребителей к целевой информации.

Список используемых источников

1. *Гольдман Л.М.* Дешифрирование аэроснимков // БСЭ. – 3-е изд. – 1972. – Т.8. – С.178–179.
2. *Горелик А.Л., Скрипкин В.А.* Методы распознавания: учеб. пособие. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1984. – 208 с.
3. *Абросимов А.В., Дворкин Б.А., Кантемиров Ю.И.* Некоторые вопросы космического мониторинга чрезвычайных ситуаций // Геоматика. – 2014. – №4. – С. 20–27.
4. *Дворкин Б.А., Дудкин С.А.* Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли // Геоматика. – 2013. – №2. – С. 16–36.
5. *Заичко В.А.* Российская система ДЗЗ будет развиваться в рамках специализированных по целевому назначению подсистем // Геоматика. – 2015. – №2. – С. 12–21.
6. *Митин М.Д., Никольский Д.Б.* Современные тенденции развития отрасли беспилотных летательных аппаратов // Геоматика. – 2013. – №4. – С. 27–31.
7. *Космические аппараты дистанционного зондирования Земли: учеб. пособие / А.И. Алтухов, Д.С. Коршунов, В.В. Лобовко, М.А. Сквазников.* – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. – 110 с.

С.В. Логунов;
Д.А. Рогов,
кандидат техн. наук, доцент;
С.В. Чистяков,
кандидат техн. наук

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ БЛЕСКА ЗВЕЗД В СИСТЕМЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПРИЕМНИКА

Описана методика перевода звездных величин из астрономических каталогов, выполненных в разных фотометрических системах, в систему кривой реакции типичной матрицы прибора с зарядовой связью (ПЗС). Представлены примеры уравнений трансформации.

Ключевые слова: опорная звезда, звездная величина, показатель цвета, астрономический каталог, фотометрическая система, спектральная плотность энергетической освещенности, широкополосный приемник излучения.

ВВЕДЕНИЕ

В прикладной астрофотометрии часто решается задача составления опорного каталога звезд в широкополосной фотометрической системе, соответствующей спектральной чувствительности заданного приемника излучения. В последние годы обычно речь идет об одной из разновидностей кремниевых полупроводниковых приемников. Прямым способом решения этой задачи является проведение астрономических наблюдений необходимых для опорного каталога звезд. Однако это трудный, долгий и дорогостоящий путь, а в некоторых случаях, когда, например, требуется провести наблюдения вне атмосферы Земли, такой путь неосуществим практически.

С другой стороны, если известна спектральная плотность энергетической освещенности (СПЭО) звезды, то величину отклика прибора можно рассчитать, интегрируя ее со спектральной кривой реакции прибора. К сожалению, СПЭО в достаточно широком спектральном диапазоне измерены лишь для небольшого числа звезд. Поэтому для решения такой задачи были использованы типичные относительные распределения энергии в спектрах звезд и величины, измеренные в стандартной астрономической фотометрической системе.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Звездная величина опорной звезды зависит от спектральной чувствительности применяемого приемника излучения. Поэтому для каждого приемника, характеризуемого своей кривой реакции, требуется составить специальный каталог опорных звезд, в котором звездные величины будут приведены в фотометрическую систему приемника излучения. В этом случае при составлении специальных каталогов должна быть решена задача вычисления величин звезд $m_*^{\text{пр}}$ в заранее заданной спектральной полосе широкополосного ПЗС-приемника. В предлагаемой методике используются данные нескольких каталогов, содержащие звездные величины в нескольких спектральных полосах, по возможности полностью перекрывающие область кривой реакции $S(\lambda)$. Исходными данными методики являются:

- спектральная кривая реакции $S(\lambda)$ прибора;
- кривая реакции $R(\lambda)$ фотометрической системы астрофотометрического каталога, в котором содержатся величины искомым звезд;
- распределения энергии $E_{\text{зв}}(\lambda)$ в спектрах звезд, величины которых нужно перевести в систему опорного каталога;
- распределение энергии $E_{\text{A0}}(\lambda)$ в спектре типичной звезды спектрального типа A0V;

– измеренные величины редуцируемых звезд $m_{зв}$ в спектральной полосе с кривой реакции $R(\lambda)$;

– отсчеты, которые показала бы аппаратура с кривой реакции прибора $S(\lambda)$, при наведении на звезду опорного каталога и звезду Вега, соответственно $-T_*^{np}$ и T_{A0}^{np} ;

– отсчеты, которые показала бы аппаратура с кривой реакции астрономического каталога $R(\lambda)$ при наведении на эту же звезду и на Вега, соответственно $-T_*$ и T_{A0} .

Суть связи величин в двух фотометрических системах состоит в следующем. Интегрирование распределения энергии в спектре выбранных звезд (функций СПЭО) в интересующих полосах выбранного звездного каталога (каталогов)

$$T_* = k \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_*(\lambda) R(\lambda) d\lambda; \quad T_{A0} = k \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{A0}(\lambda) R(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где T_* и T_{A0} – отсчеты, которые показала бы аппаратура с кривой реакции астрономического каталога $R(\lambda)$ при наведении на выбранную звезду и на звезду Вега соответственно;

$R(\lambda)$ – кривая реакции фотометрической системы, в которой приведены звездные величины из астрономического каталога;

E_{A0} – относительное распределение энергии в спектре звезды – стандарта спектрального класса A0;

E_* – относительное распределение энергии в спектре редуцируемой звезды;

λ – текущая длина волны (переменная интегрирования);

k – коэффициент пропорциональности, зависящий от аппаратуры.

Затем осуществляется интегрирование распределения энергии в спектре выбранных звезд (функций СПЭО) в рабочей полосе заданного приемника излучения

$$T_*^{np} = k \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_*(\lambda) S(\lambda) d\lambda \quad \text{и} \quad T_{A0}^{np} = k \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{A0}(\lambda) S(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

где T_*^{np} и T_{A0}^{np} – отсчеты, которые показала бы аппаратура с кривой реакции приемника излучения $S(\lambda)$, при наведении на выбранную звезду опорного каталога и звезду Вега соответственно;

$S(\lambda)$ – кривая реакции применяемой приемной аппаратуры.

Заданный шаг (интервал длин волн) интегрирования желательно иметь не слишком широкий, оптимальная ширина шага по длинам волн составляет $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 5$ нм. При этом

$$m_{A0} - m_* = -2,5 \lg \frac{T_{A0}}{T_*}; \quad m_{A0}^{np} - m_*^{np} = -2,5 \lg \frac{T_{A0}^{np}}{T_*^{np}}, \quad (3)$$

где m_{A0} и m_{A0}^{np} – звездная величина фотометрического стандарта A0 V;

m_* и m_*^{np} – звездная величина редуцируемой звезды опорного каталога;

T_{A0} и T_{A0}^{np} – отсчеты, регистрируемые от фотометрического стандарта A0 V;

T_* и T_*^{np} – отсчеты от редуцируемой звезды опорного каталога.

Показатель цвета звезды опорного каталога в двухцветной фотометрической системе, состоящей из полос астрономического и опорного каталогов, определяется как

$$C.I._* \text{ (используемый каталог – опорный каталог)} = m_* - m_*^{np}, \quad (4)$$

а показатель цвета звезды типа A0 V в той же двухцветной фотометрической системе будет

$$C.I._{A0} \text{ (используемый каталог – опорный каталог)} = m_{A0} - m_{A0}^{np} \equiv 0, \quad (5)$$

так как ранее принято, что величина звезды Вега в опорном каталоге должна быть равна нулю и равны нулю все ее величины в используемых астрофотометрических каталогах.

Вычитая первое выражение (3) из второго, подставляя вместо реальных отсчетов их интегральные представления (1) и (2) и учитывая (4) и (5), получаем выражение для определения звездной величины редуцируемых звезд в системе заданного приемника

$$m_*^{\text{пр}} = m_* - 2,5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{A0}(\lambda) R(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{A0}(\lambda) S(\lambda) d\lambda} + 2,5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_*(\lambda) R(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_*(\lambda) S(\lambda) d\lambda}, \quad (6)$$

где m_* – каталожная звездная величина редуцируемой звезды в фотометрической полосе, характеризуемой кривой реакции $R(\lambda)$.

Данное выражение есть формула связи величин в двух фотометрических системах. При этом кривые распределений энергии в спектрах редуцируемых звезд должны охватывать области кривых реакции $S(\lambda)$ и $R(\lambda)$.

Ниже показаны возможность использования различных фотометрических каталогов для расчета величин звезд в системе широкополосного приемника и порядок подготовки списков звезд для использования в разработанной методике.

ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА

Рассмотрим методику, позволяющую рассчитать звездные величины опорных звезд в системе широкополосного ПЗС-приемника на основе данных астрономических каталогов, содержащих фотометрическую информацию. Пусть требуется получить звездные величины и показатели цвета для некоторого списка звезд в фотометрической системе, определяемой кривой реакции, обозначенной нами как R_M и показанной на рис. 1.

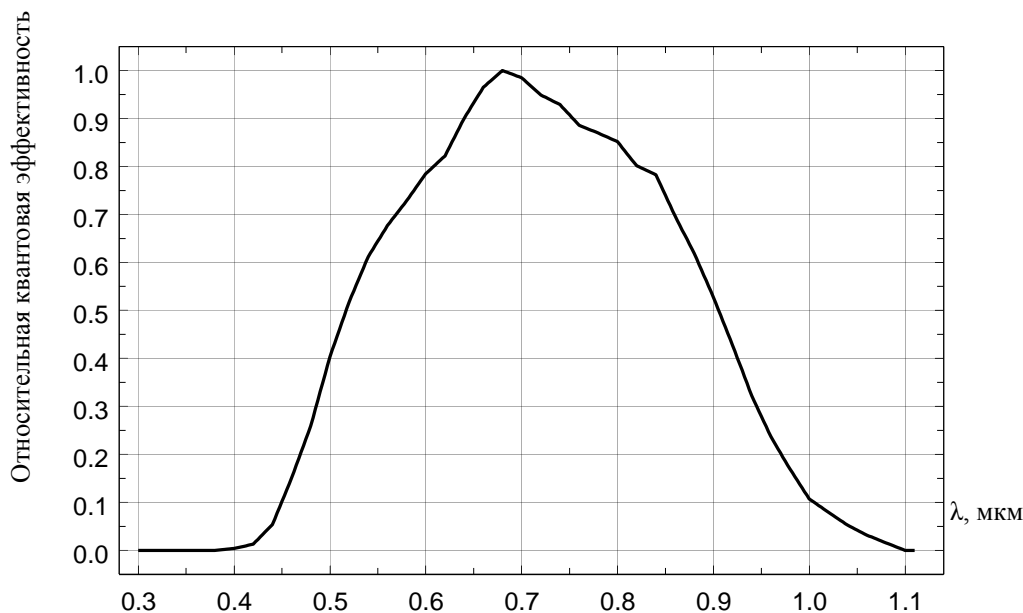


Рис. 1. Кривая реакции типичной кремниевой матрицы ПЗС

Кривая на рис.1 соответствует реакции типичной кремниевой матрицы ПЗС с прямой за- светкой. Будем считать, что непосредственных измерений в полосе R_M , как и данных о распределении энергии в спектрах звезд нашего списка, не существует. Однако имеются данные о звездных величинах каждой из этих звезд в одном или нескольких каталогах, приведенных в табл. 1.

Для всех звезд, входящих в ПСК [11] и NGSL [10], по формуле (2) были вычислены звездные величины в фотометрических полосах «40», «45», «52», «58», «63», «72», «80», «86» и «99» Аризонской системы Джонсона и Митчелла [6, 8] и W, B, V, R системы Тянь-Шаньского каталога [2]. Таким же образом были вычислены величины M в полосе R_M . Для определения нуль-пункта использовалось распределение энергии в спектре Веги, которой во всех фотометрических полосах была приписана звездная величина, равная ее величине в полосе V , т.е. $V_{\text{Вега}} = 0^m,028$.

Таблица 1

Данные о звездных величинах в каталогах опорных звезд

№ п/п	Название каталога и ссылка	Спектральные полосы или интервалы длин волн
1	Пулковский спектрофотометрический каталог (ПСК) [11]	320–1080 нм
2	Next Generation Spectrophotometric Library (NGSL) [9]	295–1020,5 нм
3	Hipparcos, Tycho-1, Tycho-2 [9]	H_p, B_T, V_T
4	Тянь-Шаньский WBVR каталог ГАИШ [2]	W, B, V, R
5	Двухмикронный каталог 2MASS [3]	J, H, K
6	13-цветная фотометрия Джонсона и Митчелла (Аризонский каталог) [6]	«33», «35», «37», «40», «45», «52», «58», «63», «72», «80», «86», «99», «110»
7	13-цветная фотометрия Шустера [8]	«33», «35», «37», «40», «45», «52», «58», «63», «72», «80», «86», «99», «110»
8	Cousins A.W.J., 1980, SAAO Circ. 1, 166 VRI Photometry of Southern Stars [4]	V, R, I
9	Cousins A.W.J., 1980, SAAO Circ. 1, 234 VRI Photometry of Southern Stars [5]	V, R, I

ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТОВ

Для того чтобы приблизить модельные звездные величины к наблюдаемым, при интегрировании были использованы как непосредственно наблюдаемые СПЭО звезд на верхней границе земной атмосферы, так и покрасенные в соответствии с законом межзвездного покраснения для случайных значений количества межзвездного вещества X . Распределение случайной величины X соответствовало нормальному закону с центром $X_0 = 0,001$ и стандартным отклонением 0,2.

В результате вычислений появилась возможность найти уравнения связи между величиной M и величинами из Тянь-Шаньского каталога [2] и каталогов Джонсона и Митчелла [6] и Шустера [8], содержащих звездные величины в среднеполосной Аризонской фотометрической системе. Кроме того, были привлечены два каталога Кузинса [4, 5], содержащие звездные величины в широкополосной системе VRI .

Построение полиномов производилось так. Сначала в качестве модели полинома принималась формула полного куба от всех независимых показателей цвета. Решение системы уравнений производилось с помощью вычислительного ресурса, включенного в графовычислительный пакет AXUM и реализующего метод Левенберга – Маркардта [1]. Указанная программа позволяет найти коэффициенты модели и определить их значимость. После каждого очередного цикла решения член с коэффициентом, значимость которого была наименьшей, отбрасывался, и решение производилось снова. Этот процесс продолжался до тех пор, пока все оставшиеся коэффициенты не становились значимыми.

В результате были получены формулы (3) и (4) для Тянь-Шаньского и Аризонского каталогов соответственно. При этом

$$M - V = a_M + b_M(V - R) + c_M(V - R)^2 + f_M(W - B) + g_M(W - B)^2 + k_M(B - V), \quad (7)$$

где $a_M = -0,0085$; $b_M = -0,5642$; $c_M = -0,2007$; $f_M = -0,0122$; $g_M = 0,0001$; $k_M = 0,0149$; $\sigma_M = 0,013$;

$$M - m_{80} = a_M + b_M(m_{52-80}) + c_M(m_{52-80})^2 + d_M(m_{52-80})^3 + e_M(m_{52-80})^4 + f_M(m_{40-52}) + g_M(m_{45-52}) + h_M(m_{52-58}) + k_M(m_{52-63}), \quad (8)$$

где $a_M = -0,0069$; $b_M = 0,6605$; $c_M = -0,1057$; $d_M = 0,0177$; $e_M = -0,0026$; $f_M = -0,0312$; $g_M = -0,0486$; $h_M = -0,1781$; $k_M = -0,0488$; $\sigma_M = 0,010$.

После коэффициентов полинома везде приведено среднеквадратичное отклонение σ_M разности в левой части уравнений и значений полинома.

По формулам (7) и (8) были вычислены величины M для 13586 звезд из Тянь-Шаньского каталога *WBVR* величин [2], для 1380 звезд из каталога Джонсона – Митчелла [6] и 600 звезд из каталогов Шустера [8]. Из числа 13586 звезд Тянь-Шаньского каталога и 1980 звезд двух каталогов в Аризонской системе 1176 звезд перекрываются с каталогами Кузинса [4], выполненными в системе *VRI*. По этим общим звездам были выведены два уравнения связи:

$$I - M = a_M + b_M(V - R) + c_M(V - I) + d_M(V - R)^2 + e_M(V - I)^2 + f_M(V - R)(V - I) + g_M(V - R)^3 + h_M(V - I)^3 + k_M(V - R)^2(V - I) + m_M(V - R)(V - I)^2, \quad (9)$$

где $a_M = 0,0089$; $b_M = 0,1948$; $c_M = -0,6936$; $d_M = 5,7158$; $e_M = 1,1238$; $f_M = -4,9497$; $g_M = -16,0601$; $h_M = 1,0669$; $k_M = 19,5781$; $m_M = -7,887788$; $\sigma_M = 0,0321$;

$$I - M = b_0 + b_1(V - I) + b_2(V - I)^2 + b_3(V - I)^3 + b_4(V - I)^4 + b_5(V - I)^5, \quad (10)$$

где $b_0 = 0,0059$; $b_1 = -0,5891$; $b_2 = 0,1690$; $b_3 = -0,0727$; $b_4 = 0,0207$; $b_5 = -0,0020$; $\sigma_M = 0,006$.

По формулам (9) и (10) была вычислена величина M для 4449 звезд, имеющих фотометрию в полосах Кузинса. Эти величины были сопоставлены с величинами H_p , B_T и V_T из каталогов *Hipparcos* и *Tycho* [9] и величинами J , H , K из каталога *2MASS* [3].

Как правило, фотометрические данные для конкретной звезды содержатся не во всех каталогах, перечисленных в табл. 1, а только в части из них или только в каком-нибудь одном. Поэтому нужно иметь несколько вариантов формул для расчета величин M в зависимости от имеющихся исходных данных. Более того, различные комбинации этих исходных данных дают возможность сделать несколько оценок звездной величины в системе заданного приемника.

Для различных комбинаций звездных величин, содержащихся в каталогах *Hipparcos*, *Tycho* и *2MASS* были получены пять вариантов полиномов связи:

$$H_p - M = a_M + c_M(H_p - K) + e_M(H_p - K)^2 + f_M(H_p - J)(H_p - K) + g_M(H_p - J)^3 + k_M(H_p - J)^2(H_p - K) + m_M(H_p - J)(H_p - K)^2, \quad (11)$$

где $a_M = 0,0209$; $c_M = 0,2602$; $e_M = -0,0468$; $f_M = 0,0632$; $g_M = 0,1207$; $k_M = -0,1809$; $m_M = 0,0690$; $\sigma_M = 0,059$;

$$Hp - M = a_M + c_M(V_T - K) + g_M(V_T - J)^3 + h_M(V_T - K)^3 + k_M(V_T - J)^2(V_T - K) + m_M(V_T - J)(V_T - K)^2, \quad (12)$$

где $a_M = 0,0239$; $c_M = 0,2718$; $g_M = 0,2184$; $h_M = -0,1065$; $k_M = -0,5006$; $m_M = 0,3946$; $\sigma_M = 0,061$;

$$V_T - M = a_M + c_M(V_T - K) + e_M(V_T - K)^2 + f_M(V_T - J)(V_T - K) + g_M(V_T - J)^3 + h_M(V_T - K)^3 + m_M(V_T - J)(V_T - K)^2, \quad (13)$$

где $a_M = 0,0142$; $c_M = 0,2130$; $e_M = -0,0818$; $f_M = 0,1340$; $g_M = 0,0708$; $h_M = 0,0698$; $m_M = -0,1330$; $\sigma_M = 0,066$;

$$Hp - M = a_M + c_M(Hp - K) + d_M(B_T - V_T) + f_M(Hp - K)^2 + h_M(Hp - J)(Hp - K) + i_M(Hp - J)(B_T - V_T) + j_M(Hp - K)(B_T - V_T) + l_M(Hp - K)^3 + m_M(B_T - V_T)^3 + n_M(Hp - J)^2(Hp - K) + q_M(Hp - J)(Hp - K)^2 + r_M(Hp - K)^2(B_T - V_T) + t_M(Hp - K)(B_T - V_T)^2, \quad (14)$$

где $a_M = 0,0229$; $c_M = 0,1498$; $d_M = 0,2933$; $f_M = -0,1668$; $h_M = 0,2454$; $i_M = -0,3606$; $j_M = 0,2067$; $l_M = 0,0976$; $m_M = 0,3544$; $n_M = 0,2173$; $q_M = -0,3322$; $r_M = 0,2194$; $t_M = -0,4906$; $\sigma_M = 0,055$;

$$V_T - M = a_M + b_M(V_T - J) + d_M(B_T - V_T) + e_M(V_T - J)^2 + i_M(V_T - J)(B_T - V_T) + k_M(V_T - J)^3 + l_M(V_T - K)^3 + m_M(B_T - V_T)^3 + n_M(V_T - J)^2(V_T - K) + p_M(V_T - J)^2(B_T - V_T) + q_M(V_T - J)(V_T - K)^2 + r_M(V_T - K)^2(B_T - V_T) + s_M(V_T - J)(B_T - V_T)^2 + u_M(V_T - J)(V_T - K)(B_T - V_T)^2, \quad (15)$$

где $a_M = 0,0241$; $b_M = 0,1409$; $d_M = 0,4233$; $e_M = 0,0817$; $i_M = -0,1784$; $k_M = -0,7074$; $l_M = 0,0924$; $m_M = 0,2268$; $n_M = 1,1613$; $p_M = 1,1848$; $q_M = -0,6212$; $r_M = 0,5549$; $s_M = -0,3985$; $u_M = -1,4499$; $\sigma_M = 0,056$.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все рассмотренные каталоги, кроме 2MASS, не содержат звезд слабее 12^m . Поэтому когда необходимо оценить величины более слабых объектов, приходится пользоваться одним двухмикронным каталогом. В этом случае нет возможности прибегнуть к спектрофотометрическим каталогам, полученным в результате прямых наблюдений звезд. Мы воспользовались атласом средних распределений энергии в звездах различных спектральных типов [7]. Зависимость между вычисленными показателями цвета ($M - J$) и ($J - K$) представлена на рис. 2.

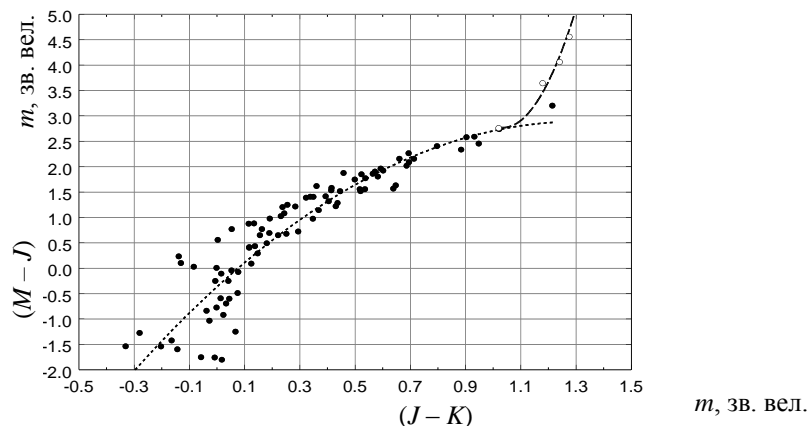


Рис. 2. Связь между показателями цвета ($M - J$) и ($J - K$)

В результате подбора полиномов мы остановились на том, что зависимость нужно представлять двумя функциями: отдельно для $(J - K) \leq 1,05$ и для $(J - K) > 1,05$, а именно:

$$M - J = -0,2559 + 3,6988 (J - K) - 1,2111(J - K)^2, \text{ при } (J - K) \leq 1,05; \sigma_M = 0,3518,$$

и

$$M - J = 29,163013 - 53,236168 (J - K) + 26,327277(J - K)^2, \text{ при } (J - K) > 1,05; \sigma_M = 0,2164.$$

Приведенные формулы позволяют оценивать величины звезд, входящих в каталоги, перечисленные в табл. 1, в фотометрической системе типичной кремниевой матрицы ПЗС. Но получаемые коэффициенты полиномов относятся лишь к выбранному приемнику излучения, поэтому при его замене необходимо выполнить расчет тем же способом, при этом вид полинома не изменяется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рассмотрены методы редукций звездных величин из одной фотометрической системы в другую. Предложена методика пересчета величин звезд, входящих в известные каталоги, в полосу спектральной чувствительности заданного приемника на примере типичной матрицы ПЗС.

Список используемых источников

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. – М.: Мир, 1985. – 188 с.
2. Каталог WBVR-величин ярких звезд северного неба / В.Г. Корнилов, И.М. Волков, А.И. Захаров и др.; под ред. В.Г. Корнилова // Труды ГАИШ. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1991. – Т. 63. – С. 17–18.
3. CDS, catalog II/246 / R. Cutri, M. Skrutskie, S. Van Dyk and other // University of Massachusetts and Infrared Processing and Analysis Center. – 2003.
4. Cousins A. // South Africa Astron Observ. Circ. – 1980. – № 1. – P. 166–168.
5. Cousins A. // South Africa Astron Observ. Circ. – 1980. – № 1. – P. 234–256.
6. Johnson H., Mitchell R. // Rev. Mex. Astron. Astrof. – 1975. – № 1. – P. 299.
7. Pickles A. Stellar Spectral Flux Library: 1150–25000 Å // Publ. Astron. Soc. Pac. – 1998. – P. 110.
8. Schuster W. // Rev. Mex. Astron. Astrof. – 1976. – № 1. – P. 327.
9. The Hipparcos and Tycho Catalogues. ESA Publication SP-1200. – 1997. – Vol. 1–17.
10. The HST / STIS Next Generation Spectral Library / M. Gregg, D. Silva, J. Rayner and other // The 2005 HST Calibration Workshop. Space Telescope Science Institute. – 2005.
11. The Pulkovo spectrophotometric catalog of bright stars in the range from 320 to 1080 nm / G.A. Alekseeva, A.A. Arkharov, V.D. Galkin and other // Baltic Astronomy. – 1996. – Vol. 5. – P. 603–838; 1997. – Vol. 6. – P. 481–496.

В.В. Октябрьский

МЕТОД ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКОЙ ОБЛУЧЕННОСТИ ЗАДАННОГО РАЙОНА

В статье предложен метод выбора параметров регистрации изображений на борту космического аппарата с учетом фактической облученности заданного района, который позволяет улучшить качество многоспектральных снимков за счет выбора оптимального времени экспонирования фотоприемного устройства в узких спектральных диапазонах. Для подтверждения работоспособности метода используется математический аппарат, применяемый для прогнозирования линейного разрешения на местности с учетом параметров работы бортовой аппаратуры дистанционного зондирования Земли и характеристик объектов наблюдения. Приведены результаты расчетов, демонстрирующие изменение значений линейного разрешения на местности при съемке в разных спектральных диапазонах. На основе результатов исследования сделаны выводы о возможности повышения качества многоспектральных снимков с использованием предложенного метода.

Ключевые слова: экспозиция, линейное разрешение на местности, многоспектральная съемка.

ВВЕДЕНИЕ

Использование обобщенных данных о внешних условиях наблюдения при планировании применения космических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) ограничивает качество изображений, получаемых в узких спектральных диапазонах. Обоснованное планирование многоспектральной съемки в конкретном районе наблюдения предполагает учет отражательных характеристик объектов, параметров ведения съемки, внешних условий наблюдения и закономерностей их изменений в каждом спектральном диапазоне. Например, в полосе обзора аппаратуры может находиться множество объектов с различными оптическими характеристиками, ведение съемки может происходить под разными углами по крену, тангажу и рысканью. Внешние же условия многоспектральной съемки изменяются в самых широких пределах в зависимости от состояния атмосферы, положения Солнца, времени года и группы других факторов. В данных условиях выбор наилучших параметров ведения многоспектральной съемки в конкретном районе наблюдения должен выполняться на основе результатов прогнозирования качества изображений для каждого спектрального диапазона.

Известно, что на качество многоспектральных снимков можно влиять путем коррекции времени накопления заряда фотоприемным устройством бортового специального комплекса (БСК), оптимальный выбор которого зависит от рассмотренных выше факторов. В настоящее время при планировании многоспектральной съемки необходимы следующие данные:

1) коэффициенты спектральной яркости (КСЯ) объектов наблюдения в спектральных диапазонах работы конкретного БСК, получение, анализ, систематизация и актуализация которых требуют значительных временных и материальных затрат, что, безусловно, и не позволило до настоящего времени разработать требуемый каталог данных;

2) спектральная облученность подстилающей поверхности, вычисляемая на конкретную дату и время съемки с учетом метеопрогноза о состоянии атмосферы.

На основе указанных выше данных выбираются параметры работы БСК, одним из которых является время экспонирования фотоприемного элемента.

В указанных условиях актуальной является задача повышения качества многоспектральных снимков путем обоснованного выбора параметров работы БСК космического аппарата дистанционного зондирования Земли в узких спектральных диапазонах.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ ПРИ ВЕДЕНИИ СЪЕМКИ ИЗ КОСМОСА

Одним из наиболее распространенных подходов к прогнозированию качества изображений, получаемых космическими средствами ДЗЗ, является расчет линейного разрешения на местности (ЛРМ). Численное значение ЛРМ ($L_{\text{ЛРМ}}$) показывает предельный размер объекта, который может быть отображен на снимке. Значение данного показателя рассчитывается по формуле [1–7]

$$L_{\text{ЛРМ}}(\lambda) = \frac{D_{\text{Н}}}{2\nu_{\text{ОЭК}}(\lambda)f}, \quad (1)$$

где $D_{\text{Н}}$ – наклонная дальность съемки;

f – фокусное расстояние объектива;

$\nu_{\text{ОЭК}}$ – разрешающая способность оптико-электронного комплекса;

λ – длина волны излучения.

Использование выражения (1) позволяет учесть влияние параметров БСК, спектральных характеристик объектов и внешних условий наблюдения на качество полученного снимка. Значительное влияние на ЛРМ при ведении съемки из космоса в узких спектральных диапазонах оказывает разрешающая способность $\nu_{\text{ОЭК}}$, численное значение которой соответствует предельному числу линий (воспринимаемых раздельно) на изображении тестового объекта (миры).

В работах [2–4] предложены модели разрешающей способности оптико-электронного комплекса, основанные на расчете частотно-контрастной характеристики $T_{\text{ОЭК}}(\nu)$ звеньев информационного тракта, которые могут быть использованы для моделирования частотно-контрастной характеристики (ЧКХ) многоспектральной аппаратуры наблюдения. Результирующая ЧКХ ОЭК определяется по формуле

$$T_{\text{ОЭК}}(\nu, \lambda) = T_{\text{А}}(\nu, \lambda) T_{\text{Об}}(\nu, \lambda) T_{\text{Сф}}(\nu) T_{\text{В}}(\nu) T_{\text{ФПУ}}(\nu) T_{\text{С}}(\nu), \quad (2)$$

где $T_{\text{А}}$ – ЧКХ атмосферы;

$T_{\text{Об}}$ – ЧКХ объектива;

$T_{\text{Сф}}$ – ЧКХ системы фокусировки;

$T_{\text{В}}$ – ЧКХ вибрации оптико-электронной системы;

$T_{\text{ФПУ}}$ – ЧКХ фотоприемного устройства;

ν – пространственная частота.

Выражение для расчета ЧКХ атмосферы имеет вид

$$T_{\text{А}}(\nu, \lambda) = \frac{\exp[-2(\pi f \sigma_{\text{Н}} \nu)^2]}{1 + 2\rho_{\text{д}}(\lambda)}, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{Н}}$ – коэффициент турбулентности атмосферы на высоте H ;

$\rho_{\text{д}}(\lambda)$ – коэффициент яркости атмосферной дымки.

ЧКХ объектива определяется по формуле

$$T_{\text{Об}}(\nu, \lambda) = \frac{2}{\pi} \left(\arccos \left(\frac{\lambda f \nu}{d_{\text{ВХ}}} \right) - \frac{\lambda f \nu}{d_{\text{ВХ}}} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda f \nu}{d_{\text{ВХ}}} \right)^2} \right), \quad (4)$$

где λ – центральная длина волны спектрального диапазона;

$d_{\text{ВХ}}$ – диаметр входного отверстия объектива.

ЧКХ системы фокусировки вычисляется по формуле

$$T_{\text{СФ}}(\nu) = \sin\left(\frac{\sqrt{3} \Delta f}{2 f} d_{\text{ВХ}} \nu\right), \quad (5)$$

где Δf – ошибка фокусировки объектива.

ЧКХ вибрации оптико-электронной системы рассчитывается по формуле

$$T_{\text{В}}(\nu) = \exp\left(-2(\pi f \sigma_{\text{В}} \nu)^2\right), \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{В}}$ – среднеквадратичное отклонение вибрации объектива.

ЧКХ фотоприемного устройства

$$T_{\text{ФПУ}}(\nu) = \sin(a_{\text{ПИ}} \nu), \quad (7)$$

где $a_{\text{ПИ}}$ – размер элемента фотоприемного устройства.

ЧКХ сдвига изображения определяется по формуле

$$T_{\text{С}}(\nu) = \frac{\sin \pi H_{\text{С}} \nu}{\pi H_{\text{С}} \nu}, \quad (8)$$

где $H_{\text{С}}$ – величина сдвига изображения;

η_{\circ} – оптический коэффициент полезного действия фотозатвора.

Численное значение разрешающей способности равно предельному значению пространственной частоты штрихов миры $\nu_{\text{ОЭК}}$, для которой выполняется условие

$$T_{\text{ОЭК}}(\nu, \lambda) = M, \quad (9)$$

где M – предельный контраст, регистрируемый ОЭК.

Оценить разрешающую способность ОЭК с учетом внешних условий наблюдения и спектральных характеристик объектов возможно, используя выражение [2]

$$\Psi_{\text{ОЭК}}(L_{\text{ЛРМ}}, \lambda, k) = \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{S T_{\text{ОЭК}}(\nu, \lambda)}{\sigma_{\text{Ш}}} \cdot \sqrt{\frac{5}{4\nu^2 a_{\text{ПИ}}^2}}, \quad (10)$$

где $\Psi_{\text{ОЭК}}$ – воспринимаемое отношение сигнала к шуму наблюдателем при обнаружении прямоугольных тест-объектов в узком спектральном диапазоне;

S – величина сигнала в электронах;

$\sigma_{\text{Ш}}$ – среднеквадратичное отклонение шума информационного тракта ОЭК;

k – контраст между объектом и фоном в исследуемом спектральном диапазоне.

При определении ЛРМ уравнение (10) решается относительно пространственной частоты ν при фиксированной величине контраста k . Результатом решения является предельное значение пространственной частоты $\nu_{\text{ОЭК}}$, для которой выполняется условие

$$\Psi_{\text{ОЭК}}(L_{\text{ЛРМ}}, \lambda, k) = \Psi_{\text{Р}}(L_{\text{ЛРМ}}, \lambda, k), \quad (11)$$

где $\Psi_{\text{Р}}$ – воспринимаемое отношение сигнала к шуму наблюдателем при обнаружении прямоугольных тест-объектов в узком спектральном диапазоне, соответствующее вероятности опознавания $P = 0,8$.

Величина полученного сигнала в электронах определяется по формуле

$$S = \frac{2k}{(1-k)} N_e, \quad (12)$$

где N_e – количество электронов, накопленных фотоприемным устройством БСК.

Количество накопленных электронов определяется отдельно для каждого спектрального диапазона. В ходе вычислений должны учитываться характеристики объектов, внешние условия съемки и параметры БСК. К параметрам, характеризующим объект наблюдения, от-

носят: спектральное альbedo ρ (коэффициент отражения), контраст между объектом и фоном k , пространственную частоту штрихов миры ν . К характеристикам внешних условий наблюдения относят: угловую высоту Солнца h_0 , спектральную облученность единицы поверхности на входе в атмосферу $E_0(\lambda)$ и коэффициент пропускания атмосферы $\tau_{атм}^2(\lambda)$. К параметрам БСК относят: диаметр объектива D , фокусное расстояние объектива F , коэффициент пропускания оптической системы $\tau_{опт}$, коэффициент экранирования объектива μ , квантовый выход фотоприемного устройства η , размер чувствительного элемента $a_{ПШ}$, время накопления заряда T_H . Количество накопленных электронов с учетом перечисленных параметров можно определить по формуле

$$N_e(\lambda) = \frac{E_0(\lambda) \tau_{атм}^2(\lambda) \tau_{опт} \rho(\lambda) \sin(h_0)}{4} \frac{D^2}{F^2} (1 - \mu^2) \frac{T_H \eta a_{ПШ}^2}{h\nu}, \quad (13)$$

где $h\nu$ – энергия одного кванта излучения заданной длины волны.

Значение разрешаемой пространственной частоты штрихов миры $\nu_{ОЭК}$, для которой выполняется условие согласно выражению (11) используется для нахождения ЛРМ по формуле (1). Из уравнения (13) видно, что большинство параметров в условиях космической съемки изменить невозможно. Изменяемым параметром, определяющим величину сигнала S , и как следствие, воспринимаемое наблюдателем отношение сигнала к шуму при обнаружении прямоугольных тест-объектов в узком спектральном диапазоне, является время накопления заряда T_H . Корректируя данный параметр, можно увеличить значение разрешаемой пространственной частоты штрихов миры $\nu_{ОЭК}$, обеспечив этим наилучшее качество снимка. Основное условие проведения съемки в космосе заключается в том, чтобы за выбранное время накопления перемещение линии визирования местности не превышало проекцию одного фоточувствительного элемента на местность [6]:

$$T_H \leq \frac{R}{V}, \quad (14)$$

где R – проекция одного фоточувствительного элемента на местность;

V – скорость подспутниковой точки на проекции Земли.

На основе предложенного математического аппарата сформулирован метод выбора параметров работы оптико-электронного комплекса (ОЭК) для ведения многоспектральной съемки из космоса. Схема работы метода представлена на рис. 1.

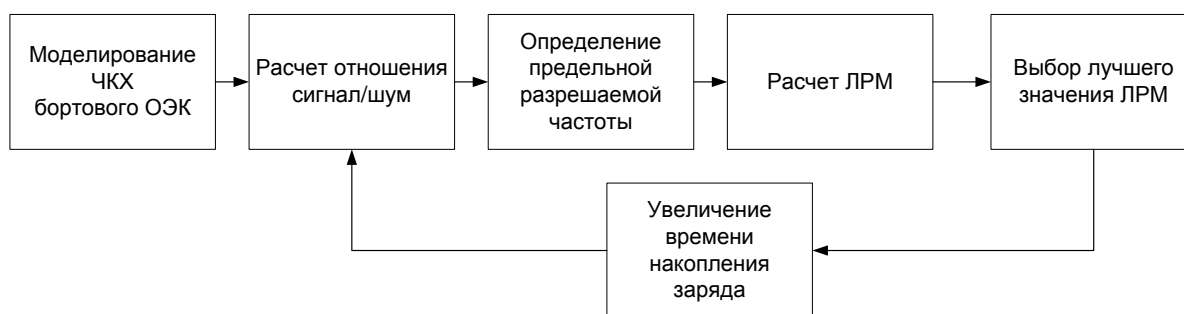


Рис. 1. Схема работы метода выбора параметров регистрации изображений на борту космического аппарата

Из рис. 1 видно, что повышение качества изображения обеспечивается путем постепенного увеличения времени накопления заряда, что приводит к увеличению предельного значения пространственной частоты БСК и к уменьшению значения ЛРМ. Увеличение времени

накопления заряда выполняется, пока выполняется условие согласно выражению (14) или достигнуто максимальное значение ЛРМ.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ВЕДЕНИИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ ИЗ КОСМОСА

Практическое применение предложенного метода позволило оценить влияние спектральных характеристик объектов, внешних условий наблюдения и характеристик БСК на качество изображений, регистрируемых в разных спектральных диапазонах, а также выбрать на основе полученных результатов наилучшие параметры работы бортовой аппаратуры. Для расчетов использованы параметры условно-реальной оптико-электронной системы, характеристики объектов и условий наблюдения, приведенные в табл. 1–4.

Таблица 1

Исходные данные для расчетов линейного разрешения на местности

Параметр оптико-электронной системы	Значение
Фокусное расстояние объектива f , м	4
Диаметр входного отверстия объектива $d_{вх}$, м	0,5
Погрешность фокусировки объектива Δf , м	$3,5 \times 10^{-5}$
Среднеквадратичное отклонение вибрации фотоустановки $\sigma_{в}$, рад	10^{-7}
Размер элемента фотоприемного устройства $a_{пи}$, мкм	12
Высота съемки H , км	500
Коэффициент турбулентности атмосферы $\sigma_{н}$, рад	10^{-7}
Время накопления заряда ФПУ, с	$10^{-3}-10^{-1}$

Таблица 2

Спектральные характеристики условий съемки

Спектральный поддиапазон, мкм	Центр спектрального поддиапазона, мкм	Спектральная облученность на входе в атмосферу, Вт/м ²
0,43–0,51	0,47	54,425
0,51–0,58	0,545	26,066
0,60–0,70	0,65	18,515
0,70–0,90	0,80	16,674
0,80–0,90	0,85	6,28

В табл. 3 и 4 приведены спектральные характеристики объектов, результаты расчетов ЛРМ для угловой высоты Солнца 90 и 10°. В качестве объекта выбрана бетонная дорога на фоне сухой и вегетирующей травы.

Таблица 3

Характеристики объектов наблюдения, результаты расчетов

Объект (бетон)		Фон (сухая трава)		ЛРМ, м $h_0 = 90^\circ$	ЛРМ, м $h_0 = 10^\circ$
поддиапазон	КСЯ	поддиапазон	КСЯ		
0,47	0,1988	0,47	0,2239	2,5	5,0
0,545	0,2500	0,545	0,2979	2,5	5,0
0,65	0,3034	0,65	0,4059	2,22	4,28
0,80	0,3154	0,80	0,5356	1,53	2,4
0,85	0,3165	0,85	0,5661	1,82	3,0

Таблица 4

Характеристики объектов наблюдения, результаты расчетов

Объект (бетон)		Фон (вегетирующая трава)		ЛРМ, м $h_0 = 90^\circ$	ЛРМ, м $h_0 = 10^\circ$
поддиапазон	КСЯ	поддиапазон	КСЯ		
0,47	0,1988	0,47	0,0429	1,46	1,46
0,545	0,2500	0,545	0,0938	1,46	1,5
0,65	0,3034	0,65	0,0594	1,46	1,46
0,80	0,3154	0,80	0,3879	2,85	5,45
0,85	0,3165	0,85	0,3770	4,61	10,0

Представленные в табл. 3 и 4 результаты расчетов свидетельствуют, что при идентичных параметрах работы ОЭК и максимальной освещенности объекта в разных спектральных диапазонах получаются изображения с разным значением ЛРМ. Изменение условий освещенности объекта ведет к ухудшению качества изображений в целом и увеличению разницы между значениями ЛРМ в узких спектральных диапазонах. В итоге в некоторых случаях качество изображений снизилось с 2–4 м до 5–10 м. Это объясняется разной разрешающей способностью ОЭК при наблюдении объектов в разных спектральных диапазонах (рис. 2,а). Результаты моделирования показывают, что для одного времени накопления заряда ФПУ значение разрешаемой пространственной частоты изменяется с 45 до 110 лин/мм, в зависимости от выбранного спектрального диапазона.

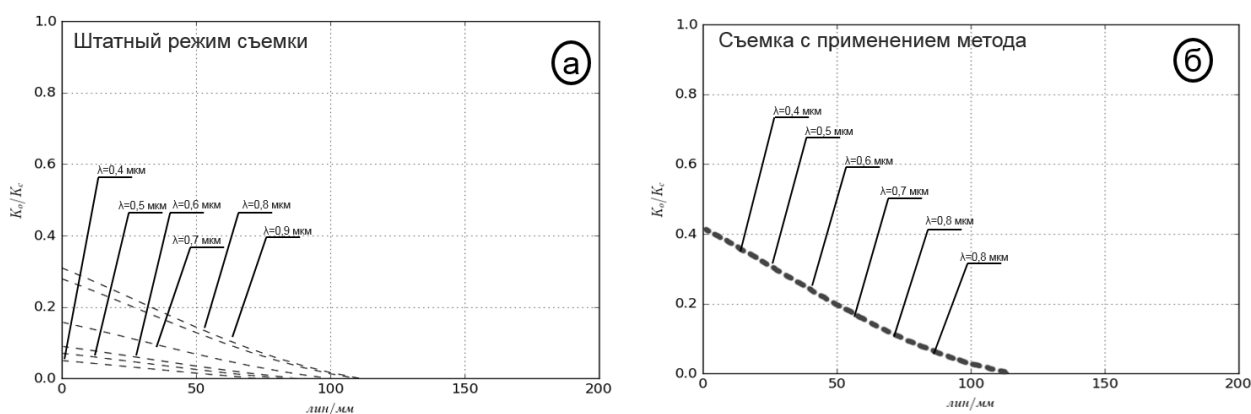


Рис. 2. Изменение разрешающей способности ОЭК в узких спектральных диапазонах

Предложенный подход к повышению качества космических снимков путем выбора времени накопления для каждого спектрального диапазона позволил выполнить коррекцию разрешающей способности ОЭК (рис. 2,б) и получить максимальное значение ЛРМ 1,46 м во всех рассмотренных случаях (табл. 5).

Таблица 5

Результаты моделирования качества изображений по критерию ЛРМ

Диапазон спектра, мкм	0,47	0,545	0,65	0,80	0,85
Время накопления заряда, с	0,02	0,01	0,008	0,004	0,01
РС, лин/мм	116	114	114	115	116
ЛРМ, м	1,46	0,52	0,52	0,51	0,51

Результаты моделирования подтверждают, что предложенный в данной работе метод может использоваться для выбора наилучших параметров регистрации изображений при веде-

нии многоспектральной съемки по критерию максимального значения ЛРМ. Практическое использование метода возможно в системе планирования применения оптико-электронных систем ДЗЗ. Также метод может использоваться для оценивания возможности наблюдения объектов в узких спектральных диапазонах космическими средствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты расчетов свидетельствуют о том, что для регистрации многоспектральных снимков лучшего качества значения параметров съемки должны выбираться отдельно для каждого спектрального диапазона. Выбор оптимальных параметров работы бортовой аппаратуры наблюдения по критерию максимального значения ЛРМ при планировании съемки обеспечивает получение данных ДЗЗ с высокими изобразительными свойствами. Улучшение свойств информационной основы обеспечивает повышение качества решения прикладных задач. Следует отметить, что дальнейшее развитие метода выбора параметров работы БСК при ведении многоспектральной съемки из космоса заключается в более полном описании потенциальных возможностей систем ДЗЗ, реализующих возможность автоматического выбора параметров съемки на основе данных о фактических условиях наблюдения объектов.

Указанный подход предполагает применение дополнительной специальной аппаратуры на борту космического аппарата для оценивания альbedo района наблюдения в разных спектральных диапазонах непосредственно перед регистрацией целевых данных.

Список используемых источников

1. *Хартов В.В., Ефанов В.В., Занин К.А.* Основы проектирования орбитальных оптико-электронных комплексов: учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2011. – 127 с.
2. Оценка предельного разрешения цифровых оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли с использованием теории линейных систем / Ю.Г. Веселов, А.С. Островский, Н.И. Сельвесюк, И.В. Красавин // Изв. ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 84–89.
3. *Григорьев А.Н., Коршунов Д.С.* Прогнозирование качества космических снимков космических систем дистанционного зондирования // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010. – Вып. 629, ч.1. – С.143–147.
4. *Алтухов А.И., Коршунов Д.С., Шабakov Е.И.* Метод повышения качества снимков космических объектов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб.: ИТМО, 2014. – Вып.4 (92). – С.35–41.
5. *Алтухов А.И., Гнусарев Н.В., Коршунов Д.С.* Прогнозирование качества изображений космических объектов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб.: ИТМО, 2013. – Вып.3. – С.36–42.
6. *Алтухов А.И., Коршунов Д.С., Шабakov Е.И.* Определение интервалов съемки аварийных космических аппаратов // Информация и космос. – СПб., 2015. – Вып.№4.

А.А. Архангельский,
кандидат техн. наук;
К.С. Грязнова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АУТЕНТИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДОМСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

В статье рассматриваются процесс аутентификации для системы информационной безопасности ведомственной информационной сети и структура обмена сообщениями в ходе этого процесса. На основе математической модели определяется среднее время пребывания сообщения в системе при допуске клиента к информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, аутентификация.

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа посвящена математическому описанию процесса аутентификации для системы информационной безопасности ведомственной информационной сети (ВИС). Актуальность темы связана с необходимостью расчета параметров системы процесса аутентификации при запросе клиентов, что требуется при проектировании реальных систем. Основа представленной модели состоит в описании процесса аутентификации в виде системы массового обслуживания (СМО) для проектируемой ВИС. В статье содержится решение задачи расчета параметров для системы аутентификации, имеющее существенное значение при выборе аппаратно-программной части этой системы и определении ее производительности.

Основными функциями ведомственной информационной ВИС являются: предоставление связи по отдельным видам; хранение информации в электронных базах данных (БД) и предоставление доступа к ним в соответствии с установленными правилами [1].

ВИС должна объединить существующие информационные системы и сети связи, используемые ВКС. В настоящее время проводятся предварительная разработка функций и оценка производительности отдельных элементов проектируемой сети. В результате возникает необходимость предварительного расчета параметров производительности систем информационной безопасности и, в частности, аутентификации. К основным параметрам относятся: время пребывания заявки в системе; среднее количество заявок, находящихся в буферном накопителе. Определение этих параметров позволяет вычислить коэффициент загрузки для системы аутентификации и объем буферного накопителя на входном сервере.

На информационную безопасность (ИБ) ведомственной информационной сети влияет множество различных факторов, которые можно разделить на группы [2]:

- структурно-функциональные;
- программные.

В данной статье рассматривается часть системы управления доступом – система аутентификации. Кроме того, определяются вероятностно-временные характеристики процесса аутентификации, связанные с производительностью системы: среднее количество заявок в системе и среднее время пребывания в системе, вероятность появления определенного количества заявок в системе.

СИСТЕМА АУТЕНТИФИКАЦИИ

Для реализации процесса доступа к информации или управляющим системам необходимо провести ряд подготовительных действий, которые позволяют автоматизировать процесс доступа.

Основными действиями являются:

- 1) *идентификация* – процесс присвоения меток, по которым можно выделить данное устройство или процесс из множества других;
- 2) *аутентификация* – процесс проверки соответствия идентификаторов для данного устройства.

Большинство систем доступа выполняют процесс аутентификации устройств на основе комбинации идентификаторов и паролей. Проверка самого субъекта доступа (физического лица) в автоматизированном режиме и возможна по уникальным биометрическим признакам, присущим людям.

Процесс аутентификации можно разделить на два этапа:

- предварительный, который выполняется при регистрации клиента в системе, когда у клиента запрашивается образец аутентификационной информации, например пароль, который будет рассматриваться системой как эталон при аутентификации;
- основной, когда образец аутентификационной информации запрашивается у клиента и сравнивается с хранящимся в системе эталоном. Если образец совпадает с эталоном, то клиент считается узнанным и получает определенные права доступа.

Для аутентификации клиента сервер должен хранить таблицу имен и соответствующих им эталонов.

В качестве примера в статье рассматривается процесс доступа в системе RADIUS [3, 4]. Название системы RADIUS складывается из первых букв слов – Remote Authentication Dial In User Service (услуги дистанционной аутентификации вызывающего пользователя).

Система RADIUS используется при аутентификации подключений терминалов к серверу для получения доступа к различным объектам сети. Система RADIUS представляет собой структуру, соответствующую архитектуре «клиент – сервер» (рис.1).

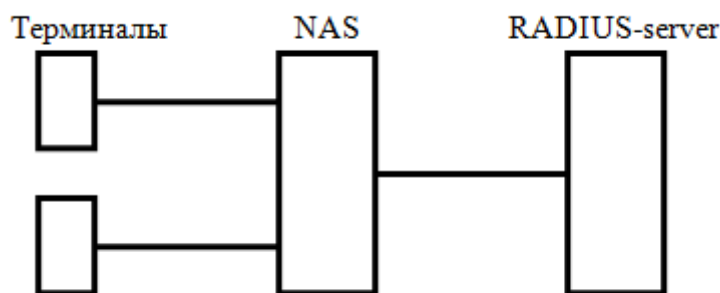


Рис.1. Структура системы RADIUS

В структуру системы RADIUS входят [3, 4]:

- терминал пользователя (User), который подключается к серверу NAS для передачи информации, аутентификации и авторизации;
- сервер доступа к сети NAS (Network Access Server), который передает на RADIUS-сервер информацию об устройстве клиента, от которого идет запрос;
- RADIUS-сервер – элемент, принимающий запросы от клиентов, проводящий аутентификацию и авторизацию, а также передачу клиенту всех параметров, необходимых для предоставления доступа.

При использовании системы RADIUS от терминала клиента передается аутентификационная информация. После получения этих данных NAS-сервер проводит аутентификацию с использованием протокола RADIUS-сервера (рис.2).

При этом сервер NAS формирует сообщение Access-Request, при отсутствии ответа запрос передается повторно. При получении сообщения Access-Request должен передаваться соответствующий отклик Access Accept от RADIUS-сервера.

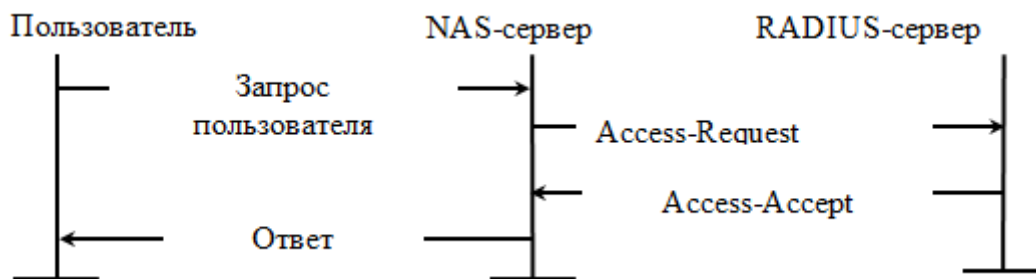


Рис.2. Диаграмма процесса передачи сообщений

Сообщение Access Accept должно содержать один из атрибутов User-Password или CHAP-Password. Сообщение должно также содержать один из атрибутов NAS-IP-Address и NAS-Identifier, атрибут NAS-Port или NAS-Port-Type.

После получения клиентского запроса RADIUS-сервер проверяет, имеется ли для этого клиента (NAS-сервера) разделяемый ключ. Если он не находит ключа, то пакеты запроса отбрасываются без уведомления клиента.

При положительном результате проверки сервер приступает к поиску профиля пользователя в базе данных. Пользовательская запись (профиль) в базе данных содержит список требований, необходимых для реализации доступа данного клиента к определенным данным. К таким требованиям могут относиться проверка пароля, порта или идентификатора NAS-сервера, через который разрешен доступ к данным для этого клиента. При невыполнении любого из условий, приведенных в запросе, NAS-серверу передается сообщение Access-Reject, показывающее некорректность запроса пользователя. При выполнении всех условий NAS-серверу передается сообщение Access-Accept, включая список необходимых параметров.

На рис.3 представлен формат пакета RADIUS. Последовательность полей необходимо передавать слева направо, сверху вниз.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
код								идентификатор								Длина сообщения															
аутентификатор																															
атрибуты																															

Рис.3. Формат сообщения протокола RADIUS

Поле Идентификатор (Identifier). Поле Идентификатор имеет размер 1 байт и предназначено для сопоставления запросов с откликами. Сервер RADIUS может обнаружить повторные запросы по совпадению комбинации IP-адреса и номера порта отправителя со значением поля Идентификатор, если такие пакеты получены в течение короткого промежутка времени.

Поле Длина сообщения (Length). Поле Длина сообщения имеет размер 2 байта и содержит значение общего размера всего пакета, начиная с поля Код. Если длина пакета превышает величину, указанную в данном поле, то оставшиеся байты трактуются как заполнение и информационной нагрузки не несут. Если размер пакета меньше указанного, то такие пакеты отбрасываются без уведомления.

Поле Аутентификатор (Authenticator). Поле имеет размер 16 байт. Значение поля применяется для идентификации откликов от сервера RADIUS, а также используется при активации алгоритма сокрытия паролей.

В табл. 1 приведены значения кодов сообщений протокола RADIUS.

Таблица 1

Значения кодов сообщений протокола RADIUS

Код	Тип пакетов
1	Access-Request
2	Access-Accept
3	Access-Reject
4	Accounting-Request
5	Accounting-Response
11	Access-Challenge

Access-Request. Пакеты Access-Request передаются в сторону RADIUS-сервера и содержат информацию для определения права пользователя на доступ к указанному серверу NAS и запрошенным службам.

Access-Accept. Пакеты Access-Accept используются для передачи от RADIUS-сервера конфигурационных параметров, необходимых для начала предоставления абоненту услуг. Передача сообщения становится возможной только в том случае, если все значения атрибутов, полученные в пакете Access-Request, приемлемы и легитимны.

На рис.4 представлен формат атрибута для протокола RADIUS.

Поле Тип (Type). Однобайтное поле, определяющее тип атрибута. Тип описывается целым числом, значение которого однозначно определено в стандартах для системы RADIUS.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Тип									Длина						Значение						

Рис.4. Формат атрибута для протокола RADIUS

Поле Длина (Length). Поле Длина, размером 1 байт, указывает объем атрибута с учетом полей Тип, Длина и Значение.

При передаче атрибута используются следующие типы данных:

- text – размер от 1 до 253 байтов, содержит символы в кодировке UTF-8;
- string – размер от 1 до 253 байтов, содержит бинарные данные (значения от 0 до 255, включительно);
- addres – 32-битовое значение, первый байт которого является старшим;
- integer – integer – 32-битовое беззнаковое целое, первый байт которого является старшим.

Таблица 2

Значения кодов атрибутов протокола RADIUS

Код	Атрибут
1	User-Name
2	User-Password
3	CHAP-Password
4	NAS-IP-Address
5	NAS-Port
6	Service-Type
...	...
75	Password-Retry
...	...
136	Management-Privilege-Level

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Структуру системы аутентификации, показанную на рис. 2 и 3 можно представить в виде модели СМО. При этом сервер доступа к сети – NAS-сервер и RADIUS-сервер (сеть доступа) для процесса аутентификации объединяются в единую обслуживающую систему, а совокупность терминалов (клиентов) является источником заявок на обслуживание (реализацию процесса доступа к БД).

Входящий поток заявок является результатом работы терминалов, подключенных к сети доступа (NAS-сервер и RADIUS-сервер), которая определяет возможность доступа к БД для отдельных терминалов (рис.5). В таком случае принимается модель потока, в котором на бесконечно малом интервале времени появляется не более одной заявки (ординарность потока). Для данного потока существуют характеристики случайного процесса (среднее значение, дисперсия и т.д.), которые не зависят от времени поступления заявок (стационарность потока). Порядок поступления заявок не влияет на процесс обслуживания (поток без последовательности).



Рис.5. Обобщенная схема модели СМО для системы аутентификации

Буферный накопитель, в который помещаются заявки на обслуживание, находится на NAS-сервере. Процесс обслуживания представляет собой взаимодействие NAS-сервера и RADIUS-сервера по запросу клиента.

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА АУТЕНТИФИКАЦИИ

Рассмотрим аналитическую модель обработки запросов на доступ в виде системы массового обслуживания (СМО) $M/M/1$.

В соответствии с обозначениями классификации видов СМО, случайных процессов, объема буферных накопителей [5, 6] имеем:

M – марковский процесс поступления заявок на обслуживание (интервалы времени между приходами заявок распределены по экспоненциальному закону), в данном случае поступлению заявки соответствует запрос клиента на доступ к базе данных;

M – марковский процесс времени обслуживания заявок (время обслуживания заявок распределено по экспоненциальному закону), процессу обслуживания соответствует процесс обмена данными между NAS-сервером и RADIUS-сервером при аутентификации;

1 – количество обслуживающих приборов, функции обслуживающего прибора выполняют NAS-сервер и RADIUS-сервер, взаимодействующие в процессе аутентификации.

На следующей позиции отмечается объем буферного накопителя (БН), в данном случае считается, что объем БН неограничен.

Порядок обработки заявок в очереди последовательный – «первым пришел – первым обслужен».

На рис. 6 показана диаграмма переходов процесса «гибели и размножения» для неограниченного буферного накопителя [5]. Номер состояния соответствует количеству заявок в СМО, при этом λ – интенсивность поступления заявок, μ – интенсивность обслуживания.

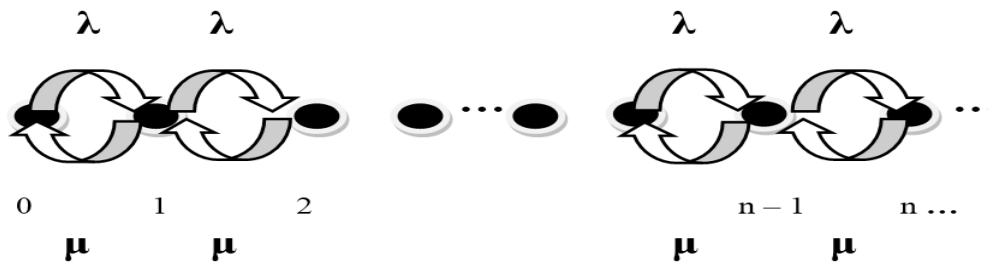


Рис. 6. Диаграмма переходов процесса «гибели и размножения» для СМО $M/M/1$, для буферного накопителя

Для процесса «гибели и размножения» в стационарном режиме соблюдается условие равновесия, которое определяет его стационарность [5]:

$$(\lambda + \mu)P_k(t) = \lambda P_{k-1}(t) + \mu P_{k+1}(t). \quad (1)$$

Это условие соблюдается для всех состояний, кроме тех, которые имеют номера 0 и n .

В рассматриваемой системе аутентификации источниками заявок являются терминалы клиентов, а обслуживающим устройством – сервер доступа к сети NAS и RADIUS-сервер.

Плотность распределения вероятностей промежутков времени между последовательными заявками [5]

$$f_1(t) = \lambda \exp(-\lambda t), \quad (2)$$

где λ – интенсивность входящего потока заявок на обслуживание (среднее количество заявок в секунду).

Плотность распределения вероятностей времени обслуживания

$$f_2(t) = \mu \exp(-\mu t), \quad (3)$$

где μ – интенсивность обслуживания (среднее количество обработанных заявок в секунду).

Уравнение Полячека – Хинчина позволяет определить полное время пребывания заявки на обслуживании в системе и время ожидания обслуживания, когда заявка находится в буферном накопителе.

Преобразование Лапласа (ПЛ) позволяет определить плотность распределения вероятностей, среднее значение и дисперсию времени пребывания заявки на обслуживании, если это необходимо.

Преобразование Лапласа для плотности распределения вероятностей (ПРВ) полного времени пребывания заявки в системе по уравнению Полячека – Хинчина [5, 6] имеет вид

$$T_c(s) = B(s) [s(1 - \rho)] / [s - \lambda + \lambda B(s)], \quad (4)$$

где $T_c(s)$ – преобразование Лапласа ПРВ полного времени пребывания заявки в системе;
 $B(s)$ – преобразование Лапласа ПРВ времени обслуживания;
 s – комплексная переменная, $s = \alpha + j\omega$;
 j – мнимая единица;
 ρ – коэффициент загрузки, $\rho = \lambda/\mu$;
 λ – интенсивность поступления заявок (среднее количество заявок, поступающее в систему за секунду);
 μ – интенсивность обслуживания (среднее количество заявок, обслуживаемое системой в секунду).

Среднее количество сообщений, находящихся в системе, определяется из следующего выражения (формула Полячека – Хинчина) [5]:

$$N_{\text{сист}} = \rho (1 + C_{\text{обр}}^2) / 2 (1 - \rho), \quad (5)$$

где $C_{\text{обр}}^2$ – квадратичный коэффициент вариации (отношение дисперсии к квадрату среднего значения) процесса обработки заявок.

При уточнении процесса обслуживания можно выделить несколько последовательных этапов обработки:

- формирование сообщения Access-Request от NAS-сервера;
- формирование сообщения Access Accept от RADIUS-сервера с процессом поиска профиля клиента;
- формирование ответного сообщения для клиента.

Процесс обработки запроса состоит из трех последовательных этапов. Если использовать для описания процесса обслуживания распределение Эрланга, то плотность распределения вероятностей времени обслуживания на одном этапе примет вид

$$f_3(t) = 3\mu \exp(-3\mu t). \quad (6)$$

Указанному порядку обработки будет соответствовать модель обслуживающего прибора из трех элементов, показанная на рис. 7.

Для распределения Эрланга n -го порядка квадратичный коэффициент вариации $C_{\text{обр}}^2 = 1/n$, при $n=3$ $C_{\text{обр}}^2 = 1/3$ [5]. После уточнения процесса обработки СМО описывается моделью $M/E_3/1$.

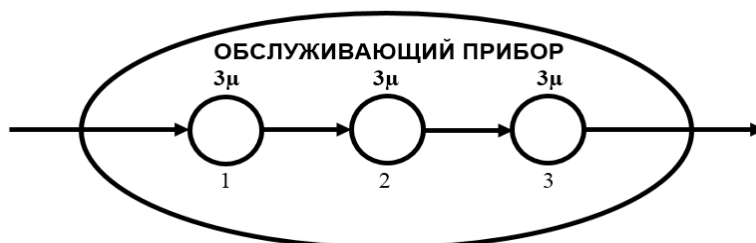


Рис. 7. Трехэтапный эрланговский обслуживающий прибор

Среднее время пребывания в системе определяется из следующего выражения [5]:

$$T_{\text{сист}} = N_{\text{сист}} / \lambda. \quad (7)$$

Время обработки определим по количеству операций регистр-регистр: эта операция выполняется за один такт и является параметром, характеризующим предельную скорость работы компьютера. Элемент обработки в процессоре обычно состоит из следующих действий: помещение обрабатываемого фрагмента данных в первый входной рабочий регистр, помещение маски в другой входной рабочий регистр, отправление данных из первого рабочего регистра в арифметико-логическое устройство, отправление данных из второго рабочего регистра в арифметико-логическое устройство, наложение маски, выведение результата в выходной регистр. В зависимости от конкретной реализации процессора, элемент обработки длится 6–8 тактов (операций регистр-регистр).

Тогда количество тактов для обработки сообщения можно определить по формуле

$$N_T = (L_c/B_{пр})U_э, \quad (8)$$

где L_c – средняя длина сообщения;

$B_{пр}$ – количество байт, обрабатываемых процессором одновременно (2, 4);

$U_э$ – количество тактов для элемента обработки.

Примем, что элемент обработки длится 8 тактов, средняя длина сообщений 288 байт, процессор 2-байтный.

Количество тактов для обработки сообщения длиной 288 байт составит

$$N_{T1} = (L_c/B_{пр})U_э = (288/2) \times 8 = 1152. \quad (9)$$

Примем $\rho = 0,6$ и определим количество заявок находящихся в СМО:

$$\begin{aligned} N_{\text{сист}} &= N_{\text{сист}} = \rho + \rho^2 (1 + C_{\text{обр}}^2)/2(1 - \rho) = \\ &= 0,6 + 0,36(1+1/3)/2(1 - 0,6) = 1,2. \end{aligned} \quad (10)$$

Количество тактов для обработки среднего количества сообщений в системе

$$T_{\text{сист}} = N_{T1} * N_{\text{сист}} = 1152 * 1,2 = 1382,4. \quad (11)$$

Среднее количество заявок в СМО быстро растет при увеличении коэффициента загрузки ρ , для значения $\rho = 0,9$ $N_{\text{сист}} = 6,3$; $T_{\text{сист.}} = 7257,6$.

При проведении инженерных расчетов значения допустимого коэффициента загрузки можно использовать неравенство [5]

$$N_1 > N_2,$$

где N_1 – среднее количество заявок в СМО вида $M/M/1$ (ПРВ времени обслуживания распределена по экспоненте);

N_2 – среднее количество заявок в СМО вида $M/E_n/1$ (ПРВ времени обслуживания соответствует распределению Эрланга).

Это означает, что вероятностно-временные характеристики (ВВХ) СМО вида $M/M/1$ являются верхней границей для ВВХ СМО вида $M/E_n/1$, т.е. значения, вычисленные для СМО вида $M/M/1$ при одинаковой загрузке, не будут превышены в СМО вида $M/E_n/1$.

Вероятность появления в системе k заявок для СМО вида $M/M/1$ [5]:

$$p_k = (1 - \rho) \rho^k. \quad (12)$$

Примем величину количества мест ожидания в буферном накопителе $L = 4$; определим вероятность появления 6 заявок для СМО вида $M/M/1$ при значении коэффициента загрузки $\rho = 0,1$:

$$P_6 = (1 - 0,1) (0,1)^6 = 0,9 * 10^{-6}.$$

Результат расчета показывает, что при значении коэффициента загрузки $\rho = 0,1$ только на 1 запрос из 100 000 система ответит отказом из-за занятости буферного накопителя.

При $\rho = 0,9$ вероятность заполнения буферного накопителя существенно возрастет:

$$P_6 = (1 - 0,9) (0,9)^6 = 0,0531;$$

на 1 запрос из 20 система ответит отказом вследствие занятости буферного накопителя.

Для уточнения значений ВВХ в системе с ограниченным БН можно использовать формулы для вычисления вероятностей СМО $M/M/1/K$ [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Процесс аутентификации представляет собой взаимодействие двух случайных процессов (поступления заявок и их обслуживания). Определение вероятностно-временных характеристик проводится на основе СМО для средних значений, что соответствует современной практике проведения предварительных расчетов параметров систем. Определение времени обработки заявок через количество операций «регистр-регистр» позволяет использовать данный подход для процессоров с различным быстродействием.

2. Система аутентификации является групповой системой, получающей заявки от всех терминалов сети, поэтому для сохранения времени ожидания в пределах нормы она должна использоваться в режимах, при которых значение коэффициента загрузки $\rho < 0,1$. При больших значениях (например, $\rho > 0,9$) при ограниченном объеме БН происходит его переполнение, и клиенты получают отказ в обслуживании.

Список используемых источников

1. Логическая система ведомственной информационной сети / А.А. Архангельский, С.Е. Березовский, В.А. Огоцкий, О.А. Скоробогатова // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014. – Вып. 644. – С. 98–102.
2. Архангельский А.А., Волошинок К.С. Воздействие вредоносных программ на ведомственную информационную сеть // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2014. – Вып. 644. – С. 69–77.
3. Гольдштейн Б.С., Елагин В.С., Сенченко Ю.Л. Протоколы AAA: RADIUS и Diameter. Сер. Телекоммуникационные протоколы. – СПб.: БХВВ Петербург, 2014. – Кн. 9. – 352 с.
4. Протокол RADIUS: учеб. пособие / Б.С. Гольдштейн, В.С. Елагин, А.В. Лейкин, А.А. Бородинский. – СПб.: Изд-во СПбГУТ, 2011. – 68 с.
5. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
6. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.

И.А. Бугаев;
А.А. Костырин

ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВРЕДНОСНЫХ СКРЫТЫХ ВСТАВОК В ВИДЕОПОТОКЕ

На сегодняшний день информационно-психологическое воздействие (ИПВ) является основным оружием информационно-психологических войн и операций, наносящим серьезный ущерб объекту, на который оно направлено. Поэтому ИПВ являются предметом пристального внимания как специалистов в области информационно-психологических операций (войн), так и тех, кто призван обеспечивать информационно-психологическую безопасность личности, общества и государства. Существуют различные способы скрытого воздействия на личность. В данной статье проведен анализ возможностей выявления одного из способов воздействия на подсознание путем размещения потенциально вредоносных скрытых вставок в видеопотоке.

Ключевые слова: скрытые вставки, диспарантные вставки, искусственно созданный объект, детектор.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуален поиск научно-практических решений проблемы защиты индивидуального, группового и массового сознания от негативного мультимедийного интернет-контента. К перечню факторов, отражающих потенциально вредоносные воздействия, травмирующие психофизиологию человека, следует отнести: искусственно созданные специальные эффекты и конструкции нейролингвистического программирования (НЛП-конструкции).

К специальным эффектам относят: мерцание кадра, перепад цветового градиента кадра, иллюзию глубины, нарушение контрастности изображения, размытие контура объекта.

Несовершенство технологий имитации третьего измерения может вызывать серьезные психофизиологические расстройства у человека, такие как киберболезнь и конфликт сигналов вергентности.

Характерными НЛП-конструкциями являются: скрытые вставки (25-й кадр, диспарантное видео), аудиосуггестия и суггестия текста. Наибольшую опасность представляют диспарантные вставки (ДВ), воздействующие на сознание человека на подпороговом уровне. В данной статье внимание будет уделено анализу возможностей выявления скрытых вставок в мультимедийном потоке апробированными средствами обработки видеоданных [1].

Диспарантные вставки могут быть элементом сцены, символом, текстом, в результате применения которых возможно воздействие на подсознание сценическим (сцена, портрет, текстура), символическим (иллюминаты, гексаграммы, иероглифы) или текстовым образом (мантры, заговоры, установки). Именно при формировании единого образа на подпороговом уровне и происходит негативное воздействие на сознание человека.

Рассмотрим модель видеопотока и сопоставим типы скрытых вставок. На основе построенной модели видеопотока можно сделать ряд предположений о способах размещения ДВ в видеопотоке.

СПОСОБЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ДИСПАРАНТНЫХ ВСТАВОК В ВИДЕОПОТОКЕ

Будем полагать, что ДВ не целесообразно размещать во время реальной видео съемки. Возможно включение при монтаже видеопотока посредством искусственно созданных объектов (ИСО).

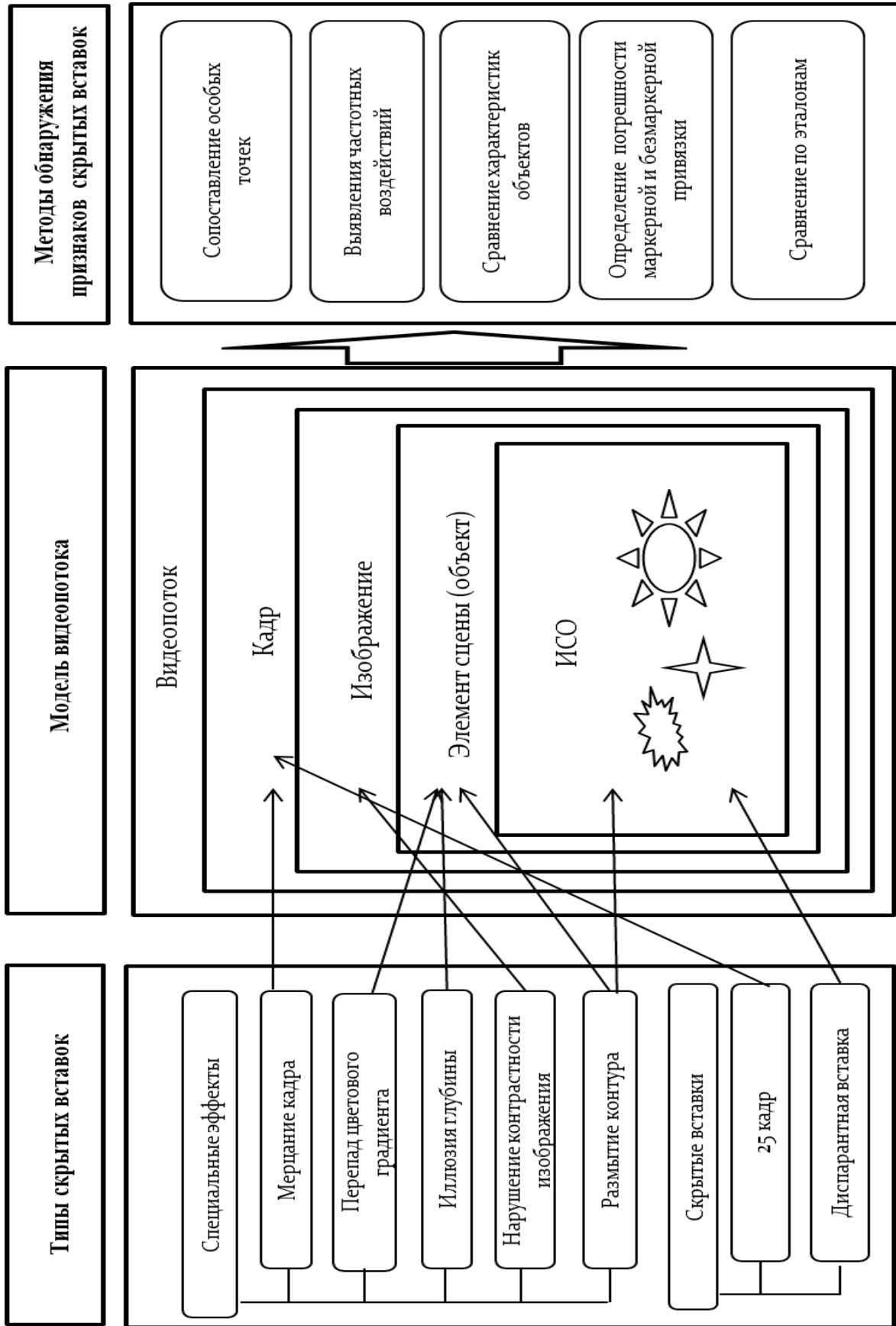


Рис. 1. Модель видеопотока

При создании и размещении ИСО в видеопотоке, как правило, остаются следы, связанные с неточностью привязки объекта к местоположению в кадре.

Помимо указанных способов размещения ДВ необходимо учесть особенности методов имитации третьего измерения. ИСО в формате 3D могут размещаться в видеопотоке следующим образом.

Одновременно в левом и в правом кадре стереопары. Данный способ размещения очень сложен в реализации, так как при неточности привязки может нарушиться карта глубины и геометрические свойства ИСО.

Только в правом кадре или только в левом кадре стереопары. Тогда необходимо учитывать цветовые компоненты для каждого кадра, имитирующего третье измерение.

Поочередно в левом и правом кадре разных стереопар. Такое расположение искусственно созданных объектов усилит его восприятие, так как наиболее востребованные методы имитации третьего измерения как раз и состоят в поочередном затемнении стекол специальных очков. ИСО в исследуемом варианте сравнительно незначителен, поэтому искусственно созданный объект может быть одним из элементов сцены. На рис.2 представлена классификация типов элементов сцены.



Рис. 2. Классификация свойств элементов сцены

Классы элементов сцены указывают на направленность инструментария, пригодного для выявления артефактов видеопотока, которые могут указывать на наличие искусственно созданных объектов. Далее приведем классы детекторов искусственно созданных объектов видеопотока и информационные признаки дефектов видеопотока.

Выделенные классы детекторов позволяют описать особенные свойства изображения как в статике, так и в динамике.

Приведем математическую постановку задачи для детектора кадров по колебанию яркости кадра-разности. *Кадр-разность* – это результирующий кадр, который получается путем попиксельного вычитания текущего и последующего кадров. Те области, где соседние кадры имеют одинаковые области изображения, при попиксельном вычитании дают в результирующем кадре черные участки. Там же, где есть отличия, появляется область, имеющая определенную цветовую окраску. В указанном случае это не обязательно должны быть четко распознаваемые образы. Но именно по этим цветным областям и будут определяться отличия двух соседних кадров.



Рис. 3. Классификация детекторов ИСО и дефектов видеопотока [3]

МЕТОД ДЕТЕКТИРОВАНИЯ СКРЫТЫХ ВСТАВОК

Рассмотрим методы детектирования вскрытых вставок по кадру разности, при этом, если два кадра представляют собой обычную последовательность мультимедийного потока, то кадры-разности будут содержать незначительные светлые участки, которые будут образовываться в результате движения объектов на экране. Если же произойдет в мультимедийном потоке смена сцены или это будет визуальная вставка, то результирующий кадр-разность будет содержать обширные цветные участки. Они будут давать большое значение разности. По нему детектор визуальных вставок отметит эти участки как подозрительные.

Дано:

- 1) $M = \{\omega_l\}$, $l = 1(1)N$ – множество кадров (видеопоток), где N – количество кадров;
- 2) $M^* = \{\omega_l^*\}$, $l = 1(1)N - 1$ – множество кадров-разностей;
- 3) $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2\}$ – множество классов кадров видеопотока, где Ω_1 – кадр-вставка; Ω_2 – обычный кадр;
- 4) F – правило построения кадров-разностей,

$$\omega_l \xrightarrow{F} \omega_l^*, l = 1(1)N - 1$$

$$F: X_{ij}^*(l) = \text{abs}[X_{ij}(l+1) - X_{ij}(l)], i = 1(1)H, j = 1(1)W,$$

где X_{ij} – пиксель кадра с координатами (i, j) и цветовыми составляющими R, G, B, с

учетом, что $X_{ij} = \{R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}\}$;

W – ширина изображения кадра;

H – высота изображения кадра;

5) $I(\omega_l^*) = \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W X_{ij}^*(l)$ – функция вычисления суммарной яркости пикселей кадра-разности с номером l .

Найти:

$M^B = \{\omega_l^B\} \subset M$ – множество кадров-вставок, которое является подмножеством кадров видеопотока. За основу следует взять классифицирующее правило R , которое по значениям суммарной яркости пикселей изображений кадра-разности ω_l^* и предыдущих k кадров-разностей однозначно относит анализируемый кадр ω_l к классу или кадров-вставок (Ω_1), или к классу обычных кадров (Ω_2).

Классифицирующее правило R :

$$\omega_l \xrightarrow{R} \Omega_m,$$

где $\forall [\omega_l \in M \{l = 1(1)N - 1\}] \xrightarrow{R} [\Omega_{ml} \in \Omega \{m = 1, 2\}]$,

$$R ::= \begin{cases} IF [I(\omega_l^*) \geq L \vee (I(\omega_{l-1}^*) \geq L \wedge I(\omega_{l-2}^*) \geq L \wedge \dots I(\omega_{l-k}^*) \geq L)] \\ THEN \omega_l \xrightarrow{R} \Omega_1 \\ IF [I(\omega_l^*) < L \vee (I(\omega_{l-1}^*) < L \vee I(\omega_{l-2}^*) < L \vee \dots I(\omega_{l-k}^*) < L)] \\ THEN \omega_l \xrightarrow{R} \Omega_2 \end{cases}.$$

Ограничения:

- 1) $E = \{AVI\}$ – поддерживаемые видеоформаты;
- 2) $v = \{10, 900\}$ – длина видеопотока в секундах;
- 3) $L = \{0, 100\}$ – пороговое значение колебания суммарной яркости пикселей кадра-разности, превышение которого свидетельствует о сильном отличии соседних кадров, последние использовались для формирования кадра-разности. Решение задачи приводит к обнаружению визуальных вставок в видеопотоке [2].

После детектирования ИСО в кадре необходимо произвести выборку в приоритетном порядке, которая должна включать бинарные образы объектов трех классов, а именно априорно рассматриваемые:

- ДВ;
- ИСО с неопределенными образами, но регулярно проявляющиеся в видеопотоке;
- ИСО без определенных признаков.

С учетом вышеизложенного нейросетевой классификатор осуществляет разделение кадров бинарного потока по признаку вредоносности на следующие классы:

- имеющие выраженные признаки вредоносных конструкций (подозрительные). Кадру присваивается классифицирующий маркер «красный»;
- не получившие определенной оценки (неопределенные). Кадру присваивается классифицирующий маркер «желтый»;
- не имеющие признаков наличия вредоносных конструкций (нейтральные). Кадру присваивается классифицирующий маркер «зеленый».

Далее производится идентификация ДВ, получивших красный или желтый маркер по эталонным базам данных скрытых информационных вложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данного комплексного подхода был предложен метод детектирования ИСО на изображении с использованием Фурье-дескрипторов в нейронной сети и пополняемой базы данных объектов, которые и являются эталонами скрытых потенциально вредоносных диспаратных вставок (иллюминаты, гексаграммы, языческие символы, иероглифы). Если при анализе видеофайла будут выявлены скрытые визуальные воздействия, то они будут добавлены в базу данных скрытых вставок. Эта база данных эталонов будет в дальнейшем использоваться для обучения программного комплекса по поиску скрытого визуального воздействия.

Список используемых источников

1. *Астахов М.А., Ростовцев Ю.Г., Яфракос М.Ф.* Информационная борьба и знаковые системы. – М.: ТОМ, 2007. – 334 с.
2. *Гнидко К.О., Ломако А.Г., Жолус Р.Б.* Обнаружение визуальных контаминантов на основе вычисления перцептивного хэша // Труды СПИИРАН. – 2015. – Вып. 39. – С. 193–211.
3. Herbert B. SURF: Speeded Up Robust Features / B. Herbert, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool // Computer Vision and Image Understanding (CVIU). – 2008. – Vol. 110, № 3. – P. 346–359.
4. *Апальков И.В., Хряцев В.В.* Удаление шума из изображений на основе нелинейных алгоритмов с использованием ранговой статистики. – Ярославский государственный университет, 2007.
5. *Kharinov M.V.* Adaptive Dichotomous Image Segmentation Toolkit // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2012. – Vol. 22, № 1. – P. 228–235.
6. *Ростовцев Ю.Г., Гнидко К.О., Пилькевич С.В.* Генерация фрактальных сигналов заданной структуры для воздействия на функциональное состояние человека // Материалы IX межведомственной конференции «Научно-техническое и информационное обеспечение деятельности спецслужб». – 2012. – Т. 8. – С. 58–63.
7. *Замарин А.И., Зайцев И.Е., Карелов И.Н.* Синтез нейросетевого алгоритма идентификации линейных корректирующих кодов // Изв. вузов. Приборостроение. – 1998. – Т. 41, № 8. – С. 68–80.

А.Н. Соколовский,

кандидат техн. наук;

А.С. Швецов,

кандидат техн. наук, доцент

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье изложены основные проблемы организации информационной безопасности в информационно-вычислительных системах, принципы адаптации, рассмотрен метод обеспечения адаптивной защиты информации на основе перераспределения вычислительных ресурсов и маскирования уязвимостей информационно-вычислительной системы.

Ключевые слова: адаптация, защита информации, информационно-вычислительные системы.

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества проблем создания и использования современных информационных технологий проблема защиты информации в информационно-вычислительных системах (ИВС) становится первоочередной. Сложность этой проблемы объясняется рядом причин, среди которых – возрастание масштабов ИВС, высокая динамика их реконфигурации, рост количества возможных объектов вторжений (сетевых протоколов, операционных систем, прикладных программ), постоянное появление новых, изолированных и ранее неизвестных типов деструктивных информационных воздействий (ДИВ). Проблема защиты информации в настоящее время решается на аппаратном и программном уровне, как правило, за счет построения «монолитных» систем защиты информации (СиЗИ). Однако такой подход становится неэффективным для защиты современных распределенных ИВС. Постоянно изменяющийся набор угроз безопасности выдвигает свойство гибкости и адаптивности СиЗИ в разряд первоочередных качеств, необходимых системе информационной безопасности (СИБ).

Адаптивность позволяет при ограниченных затратах на организацию СИБ обеспечить заданный уровень безопасности защищаемой ИВС за счет динамической реакции на изменение поля угроз. Для организации СИБ необходимо от концепции заблаговременного обеспечения защиты информации перейти к концепции системного и регулярного управления уровнем текущей защищенности информации. Система защиты информации, построенная по этому принципу, носит название адаптивной или проактивной системы.

Ведущие организации мира, занимающиеся сетевой безопасностью, сейчас сосредотачивают свои усилия на разработке подходов, позволяющих не только распознавать уязвимости и атаки, но и выявлять изменившиеся старые или появившиеся новые уязвимости и противопоставлять им соответствующие средства благодаря модели адаптивного управления безопасностью. Эту модель можно представить в следующем виде: Информационная безопасность = Анализ рисков + Политика безопасности + Традиционные средства защиты + Реализация контрмер + Аудит + Мониторинг + Реагирование [1].

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АДАПТАЦИИ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Адаптивная система – система автоматического управления, которая сохраняет работоспособность в условиях непредвиденного изменения свойств управляемого объекта, цели

управления или условий окружающей среды посредством смены алгоритмов своего функционирования или поиска оптимальных состояний [2].

Термин *адаптация* в ИВС подразумевает процесс целенаправленного изменения структуры, алгоритма или параметров системы с целью повышения эффективности ее функционирования [3]. Адаптивная система является системой с обратной связью, классификация адаптивности которой проводится по трем основным признакам:

- уровню адаптации (структурная, алгоритмическая, параметрическая);
- механизму адаптации (с эталонной моделью; аналитически настраиваемая система; экстремальная система);
- способу адаптации (с дискретной или непрерывной настройкой).

Основными требованиями к адаптивным алгоритмам в системах защиты информации являются следующие:

- оперативность во времени, что связано с необходимостью применения эффективных по быстродействию алгоритмов;
- наиболее низкий из допустимых уровень сложности контура адаптации;
- автоматический или автоматизированный характер процедуры адаптации;
- минимальное число управляемых параметров, что позволит минимизировать затраты времени и памяти, необходимые для реализации алгоритма, и при этом обеспечить заданный уровень защиты.

Использование адаптивного подхода позволяет в реальном режиме времени контролировать и обнаруживать риски безопасности и своевременно на них реагировать, используя правильно спроектированные и хорошо управляемые процессы и средства.

В целом адаптивный процесс защиты должен включать:

- технологию анализа защищенности или поиска уязвимостей;
- методы обнаружения атак;
- адаптивный механизм, объединяющий и расширяющий предыдущие пункты;
- управляющий компонент.

Особенностью адаптивных систем защиты является наличие специальных алгоритмов, которые обеспечивают решение ряда взаимосвязанных задач [4], таких как:

- сбор и анализ информации о состоянии компьютерной системы и внешней среды;
- принятие решения о необходимости применения мер защиты;
- выбор управляющих параметров;
- синтез схемы адаптации и реализация механизмов ее реализации;
- определение эффективности системы защиты.

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ АДАПТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Метод обеспечения адаптивной защиты информации на основе перераспределения вычислительных ресурсов и маскирования уязвимостей относится к этапу «Реагирование» адаптивной СиЗИ (АСиЗИ) на изменение свойств защищаемого объекта, цели управления или внешней обстановки с целью повышения эффективности ее функционирования. Основу метода обеспечения адаптивной защиты информации составляет адаптивное управление настройками конфигурации СиЗИ и защищаемого объекта. Далее под ИВС будет пониматься сам защищаемый объект и его СиЗИ.

Каждая конфигурация ИВС рассматривается как профиль защиты, который определяется совокупностью аппаратно-программного обеспечения и его настройками. Один профиль защиты будет отличаться от другого, если хотя бы одна настройка конфигурации какого-либо аппаратно-программного средства была изменена или был изменен состав аппаратно-программного обеспечения. Профиль защиты можно характеризовать некоторым множе-

ством уязвимостей, которые имеют свое четко определенное местоположение в ИВС. К каждому случайному моменту времени \hat{t} злоумышленник может применить только множество W ДИВ на множество H доступных уязвимостей (известен факт наличия уязвимости и ее местоположение). Местоположение уязвимости зависит от выбранной конфигурации (распределения информационных ресурсов) аппаратно-программной части ИВС. Таким образом, каждое отдельно взятое ДИВ нацелено на определенную конфигурацию, и, следовательно, саму конфигурацию можно рассматривать как защиту от ДИВ. При изменении конфигурации аппаратно-программной части ИВС изменится местоположение уязвимости, что может стать достаточным для успешного отражения ДИВ, и ранее успешные ДИВ станут неэффективными. Поэтому каждая конфигурация с точки зрения защищенности характеризуется вероятностью появления опасного ДИВ w_r^* ($w_r^* \in W$), направленного точно на доступную уязвимость (местоположение уязвимости). Следовательно, к любому отдельно взятому, случайному моменту времени \hat{t} каждый профиль защиты будет иметь свою вероятность P_{u_m} , $m = \overline{1, i}$, отражения ДИВ, где i – количество профилей защиты. Для поддержания высокой вероятности отражения деструктивных информационных воздействий на ИВС необходимо всегда находиться в профиле защиты, который обеспечит максимальную вероятность отражения ДИВ к данному моменту времени.

Конфигурация аппаратно-программной части ИВС может меняться путем добавления новых компонентов в структуру или путем изменения уже существующих (реконфигурация). Количество профилей защиты зависит от количества контролируемых точек в конфигурации ИВС. Каждая контролируемая точка может иметь два состояния: активна и неактивна. Совокупность всех контролируемых точек составляет определенную конфигурацию ИВС. Зависимость между количеством контролируемых точек и объемом таблицы профилей защиты выражается формулой

$$i = 2^\beta, \quad (1)$$

где i – общее число возможных профилей защиты;
 β – число контролируемых точек на средствах ИВС.

Общее количество возможных стратегий смены профилей защиты определяется по формуле

$$\alpha = (i - 1)! \quad (2)$$

Для реализации эффективной защиты СиЗИ необходимо ликвидировать уязвимость, т. е. сменить профиль защиты за время, меньшее по сравнению со временем, которое затратит злоумышленник на обнаружение уязвимости и успешное осуществление ДИВ.

Для повышения эффективности работы СиЗИ и устойчивости ИВС к ДИВ предлагается автоматизировать процесс ликвидации уязвимостей, который можно реализовать с использованием метода обеспечения адаптивной защиты информации на основе перераспределения вычислительных ресурсов и маскирования уязвимостей ИВС. Этот метод основывается на двух гипотезах:

- все ДИВ направляются на уязвимости, которые имеют определенное местоположение согласно установленной конфигурации аппаратно-программных средств ИВС;
- конечная конфигурация аппаратно-программных средств ИВС может иметь некоторое множество $U^* = \{u_1^*, \dots, u_i^*\}$ решений (профилей защиты, где $U^* \in U$), удовлетворяющих заданным требованиям по реализации необходимых функций защищаемым объектом.

Основными данными, которые необходимы для функционирования метода, являются: количество времени, прошедшее с момента последней смены профиля защиты (обуславливается понижением вероятности отражения ДИВ во времени), и результаты работы системы обнаружения вторжений (СОВ).

Вероятность отражения ДИВ в каждом отдельно взятом сконфигурированном профиле защиты u_i^* определяется по формуле

$$P_{u_m^*}^{\text{отр}}(t) = 1 - P_{u_m^*}^{w_r^*}(t), \quad (3)$$

где $m = \overline{1, i}$, w_r^* – вероятность появления опасного ДИВ в неадаптивной СиЗИ.

Введем ограничения на нестационарный поток ДИВ. Будем его считать потоком однородных событий, ординарным и без последствий. Тогда с учетом нестационарного пуассоновского потока ДИВ и Марковского случайного процесса адаптации СиЗИ рассчитываем вероятность того, что за время τ , начиная с момента времени t , произойдет ровно k_i опасных ДИВ w_r^* в профиле защиты u_i^* по формуле

$$P_{u_m^*}^{k_m w_r^*}(\tau, t) = \frac{[a_m]^{k_m}}{k_m!} \cdot e^{-a_m}, \quad (4)$$

где $m = \overline{1, i}$;

a_m – математические ожидания числа событий на участке от t до $t+\tau$, $a_m = \int_t^{t+\tau} \lambda_m(t) dt$;

$\lambda(\tau, t)$ – плотность потока w_r^* на интервале времени (τ, t) .

Вероятности перехода из $u_m^{\text{актив}}$ в u_m^* при $t_0 = 0$ (начальный момент времени при отсутствии информации о злоумышленнике) будет определяться из выражения:

$$P(u_m^{\text{актив}} \rightarrow u_m^*) = \frac{1}{i^*}, \quad (5)$$

где $m = \overline{1, i}$;

i^* – количество сконфигурированных профилей защиты.

Если $t_0 \neq 0$ и $\lambda_m \neq \lambda_{\text{актив}}$, то $P(u_m^{\text{актив}} \rightarrow u_m^*) = P_{u_m^*}^{\text{отр}}$, где $m = \overline{1, i}$.

Для выявления последовательности благоприятных профилей защиты u_m^{**} получим:

$$\Theta(u_m^{\text{актив}}; u_m^{**}) = \frac{\gamma(P_{u_m^{**}}^{k_m w_r^*})}{\gamma(P_{u_m^{\text{актив}}}^{k_{\text{актив}} w_r^*})} = \frac{\gamma\left(\frac{[a_m^{**}]^{k_m}}{k_m!}\right) \cdot e^{-a_m^{**}}}{\gamma\left(\frac{[a_m^{\text{актив}}]^{k_{\text{актив}}}}{k_{\text{актив}}!}\right) \cdot e^{-a_m^{\text{актив}}}}. \quad (6)$$

Вероятность реализации каждой стратегии защиты $\Omega_n, n = \overline{1, \alpha}$ при $t_0=0$ на интервале времени (τ, t) будет определяться выражением:

$$P_{\Omega_n}(\tau, t) = \frac{1}{\alpha}, \quad (7)$$

где $n = \overline{1, \alpha}$;

α – количество стратегий профилей защиты.

По мере функционирования АСиЗИ вероятность реализации каждой стратегии смены профилей защиты будет изменяться.

Упорядочивание профилей защиты в процессе функционирования АСиЗИ производится согласно выражению $\langle u_{\text{актив}}, \dots, u_{m-1}, u_m \rangle$ при $P_{k_{m-1}}^{u_{m-1}^* w_r^*}(\tau, t) < P_{k_m}^{u_m^* w_r^*}(\tau, t)$, где $m = \overline{1, i}$.

Корректируя стратегию переходов с учетом возможной важности защищаемых объектов с точки зрения рисков, получаем следующее в выражении:

$$R(p) = C_{\text{инф}} \cdot p_{\text{взл}}, \quad (8)$$

где R – потенциальные потери от угроз защищенности при выборе неэффективного профиля защиты (риск);

$C_{\text{инф}}$ – стоимость информационно-временных потерь;

$p_{\text{взл}}$ – вероятность взлома.

Потери в единицу времени определяются выражениями:

$$R(\lambda) = C_{\text{инф}} \cdot \lambda_{\text{взл}}, \quad (9)$$

где $\lambda_{\text{взл}}$ – плотность потока ДИВ злоумышленника к информации;

$$p_{\text{взл}} = \frac{\lambda_{\text{взл}}}{\Lambda}, \quad (10)$$

где Λ – общая плотность потока ДИВ злоумышленника к информации.

Коэффициент защищенности D , отображающий относительное уменьшение риска в новом u_m профиле защиты относительно активного $u_{\text{актив}}$, найдем их формулы:

$$D_m = \frac{R_m}{R_{\text{актив}}}, \quad (11)$$

где $m = \overline{1, i}$;

R_m – риск в профиле защиты u_m ,

$R_{\text{актив}}$ – риск в активном профиле защиты.

При этом

$$R_m(p) = \sum_1^r R_k(p) = \sum_1^r C_k \cdot p_{\text{ДИВ}_k}, \quad (12)$$

где $R_k(p)$ – коэффициент потерь от ДИВ w_r в m -м профиле защиты;

$$R_m(\lambda) = \sum_1^r R_k(\lambda) = \sum_1^r C_k \cdot \lambda_{\text{ДИВ}_k}, \quad (13)$$

где $R_k(\lambda)$ – коэффициент потерь в m -м профиле защиты в единицу времени от ДИВ w_r .

В итоге получаем

$$D_m = \frac{\sum_1^r c_k^m \cdot Q_k^m \cdot (1-p_k^m)}{\sum_1^r c_k^{\text{актив}} \cdot Q_k^{\text{актив}} \cdot (1-p_k^{\text{актив}})} = \frac{\sum_1^r c_k^m \cdot \lambda_k^m \cdot (1-p_k^m)}{\sum_1^r c_k^{\text{актив}} \cdot \lambda_k^{\text{актив}} \cdot (1-p_k^{\text{актив}})}. \quad (14)$$

Коррекция упорядочивания профилей защиты в процессе функционирования АСиЗИ производится согласно выражению $\langle u_{\text{актив}}, \dots, u_{m-1}^*, u_m^* \rangle$, при $D_{m-1} > D_m$, где $m = \overline{1, i}$.

Показателем качества функционирования является показатель защищенности ИВС, который, в свою очередь, зависит от профиля защиты, где находится ИВС. Для обеспечения максимальной (из всех возможных) вероятности отражения ДИВ необходимо, чтобы изменение показателя защищенности нового профиля защиты относительно текущего было максимальным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод обеспечения адаптивной защиты информации на основе перераспределения вычислительных ресурсов и маскирования уязвимостей ИВС предназначен для использования на этапе «Реагирование» в составе современных и перспективных АСиЗИ с любым уровнем, механизмом и способом адаптации. Этот метод не устраняет уязвимость полностью и не ре-

шает окончательно вопрос безопасности, но он позволяет быстро реагировать на меняющуюся обстановку и сохранять работоспособность ИВС в условиях применения ДИВ.

Список используемых источников

1. *Матвеев В.А., Цирлов В.Л.* Состояние и перспективы развития индустрии информационной безопасности Российской Федерации в 2014 г. // Вопросы кибербезопасности. – 2013. – № 1(1). – С. 61–64.
2. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Сов. энцикл., 1970–1981. – Т. 30.
3. *Маслова Н.А., Шамаев В.В.* Принципы адаптации в защите корпоративных систем // Искусственный интеллект. – Донецк : ИПИИ. – 2010. – № 3. – С. 64–72.
4. *Щербаков А.Ю.* Компьютерная безопасность. Теория и практика. – М.: Нолидж, 2001. – 352 с.

В.А. Вакуненко
ВИ(ИТ) ВАМТО, г. Санкт-Петербург;
П.А. Путилин
ВИ(ИТ) ВАМТО, г. Санкт-Петербург

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФОРТИФИКАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье кратко представлены новые конструктивно-технологические решения подземных специальных фортификационных сооружений, обеспечивающие бесперебойное функционирование в режиме полной изоляции.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, СПГ, специальные фортификационные сооружения, СФС, патент на изобретение, конструктивно-технологические решения, подземные специальные фортификационные сооружения.

В последнее десятилетие наблюдается устойчивый рост потребления и получения сжиженного природного газа (СПГ) в мире, так как данный вид топлива является одним из самых перспективных на современном этапе развития науки и техники. Вопросу перспективности применения СПГ в народном хозяйстве и для нужд Министерства обороны Российской Федерации посвящено значительное количество научных исследований и публикаций [1–3]. Однако непосредственно вопросом применения СПГ в качестве резервного энергоносителя для специальных фортификационных сооружений (СФС) МО РФ, работающих в режиме полной изоляции, занимаются только несколько специалистов. В статье кратко рассмотрены новые конструктивно-технологические решения подземных специальных фортификационных сооружений [4] Министерства обороны Российской Федерации. Данные решения были взяты за основу патента на изобретение.

Технический результат, который может быть получен при осуществлении изобретения, заключается в снижении электрической мощности, потребляемой холодильной машиной при функционировании в режиме полной изоляции, за счет использования холодильного потенциала сжиженного природного газа для охлаждения воздуха внутри специального фортификационного сооружения, а также повышение взрыво- и пожаробезопасности при хранении сжиженного природного газа в специальном фортификационном сооружении.

Подземное специальное фортификационное сооружение (рис. 1) работает следующим образом. Внутри резервуара 3 заблаговременно запасается необходимое количество сжиженного природного газа. Для этого в режиме повседневной деятельности по магистрали заправки сжиженного природного газа 20, проходящей в полости шахтного входа 1, из транспортных емкостей (на рисунке не показаны) сжиженный природный газ в необходимом количестве заливается в резервуар 3. В резервуаре (баллоны) с воздухом 10 заблаговременно запасается воздух (например, сжатый воздух под давлением 200 атм).

Для уменьшения теплопритоков от окружающего грунта, расположенного вокруг резервуара 3, резервуар со сжиженным природным газом 3 выполнен с безвакуумной теплоизоляцией, например со слоем пенополиуретана или вспученного каучука 19 [5–7].

В повседневном режиме эксплуатации специального фортификационного сооружения для исключения потерь сжиженного природного газа за счет теплопритоков к резервуару 3, периодически включаются криогенная машина Стирлинга 15 за счет подвода электроэнергии к электроприводу 23 от внешней электросети (на рисунке фигура не показана).

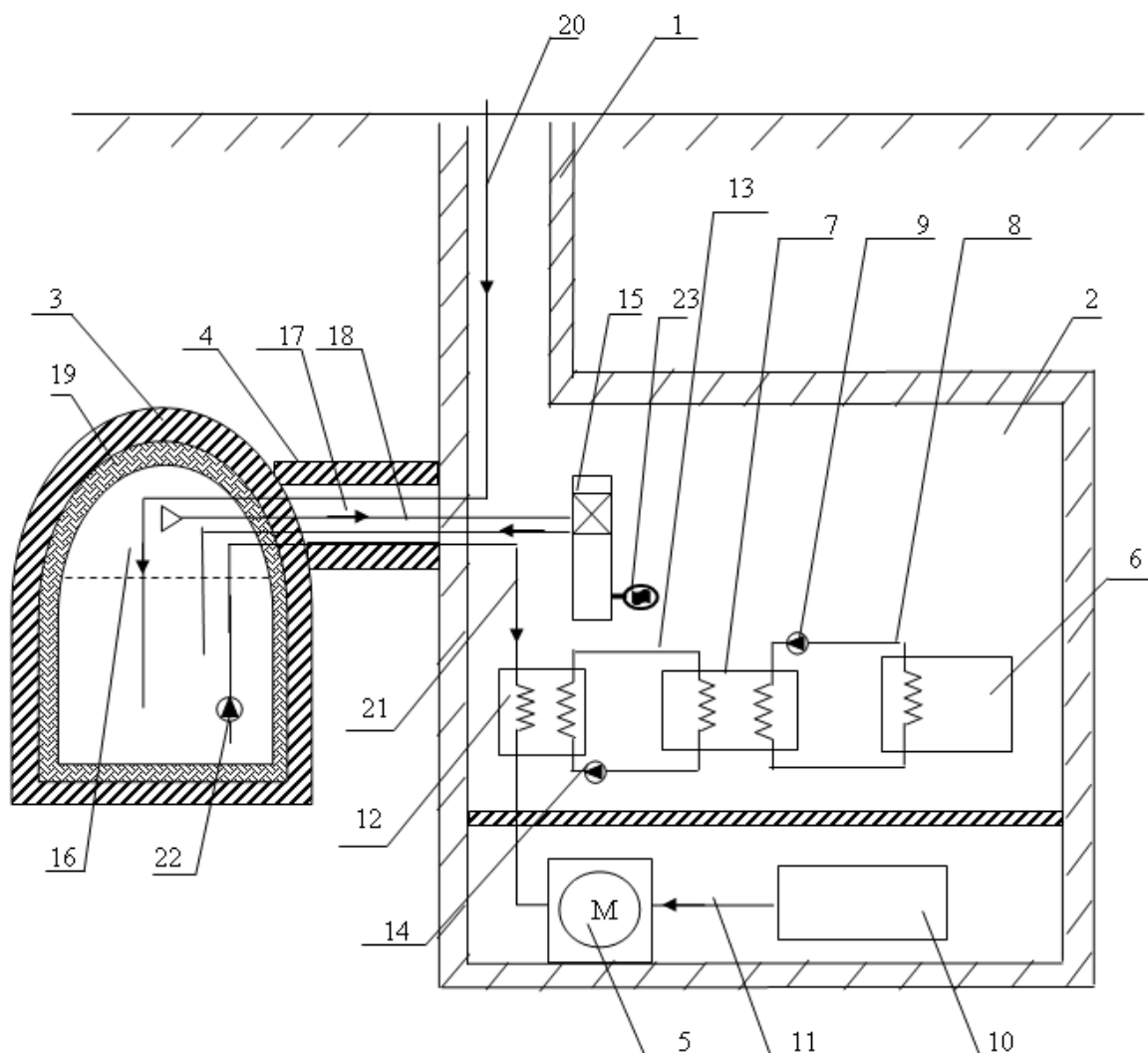


Рис. 1. Подземное специальное фортификационное сооружение:

- 1 – полость шахтного входа; 2 – основное помещение СФС; 3 – резервуар с СПГ;
 4 – железобетонная технологическая потерна; 5 – газопоршневая энергетическая установка; 6 – холодильная машина; 7 – система кондиционирования воздуха; 8 – контур теплоносителя; 9, 14, 22 – насос; 10 – баллоны с воздухом; 11 – магистраль воздуха; 12 – теплообменник-испаритель; 13 – контур теплоносителя; 15 – криогенная машина Стирлинга; 16 – газовая полость; 17 – магистраль откачивания паров; 18 – магистраль слива СПГ; 19 – слой пенополиуретана; 20 – магистраль заправки СПГ; 21 – магистраль подачи СПГ; 23 – электропривод

Пары сжиженного природного газа засасываются из газовой полости 16 резервуара 3 по магистрали откачивания паров 17 в криогенную машину Стирлинга 15, где охлаждаются и сжижаются, после чего сливаются самотеком по магистрали слива сжиженного природного газа 18. Криогенная машина Стирлинга 15 имеет электродвигатель 23 и работает только в режиме повседневной эксплуатации подземного специального фортификационного сооружения.

В режиме повседневной эксплуатации специального фортификационного сооружения все системы жизнеобеспечения и технологическое оборудование работают за счет электроснабжения от внешней централизованной сети.

В режиме повседневной эксплуатации термостатирование основного помещения 2 специального фортификационного сооружения обеспечивается работой холодильной машины 6 и связанной с ней через контур теплоносителя 8 с насосом 9 системой кондиционирования воздуха 7.

При применении вероятным противником высокоточного оружия внешнее электроснабжение и подача атмосферного воздуха через полость шахтного входа 1 в основное помещение 2 подземного специального фортификационного сооружения 1 могут быть прекращены из-за внешних разрушений. В этом случае подземное специальное фортификационное сооружение начинает работать в режиме полной изоляции (без связи с атмосферным воздухом) за счет запасов материальных сред (прежде всего топлива), заблаговременно запасенных внутри основного помещения 2 специального фортификационного сооружения и резервуара со сжиженным природным газом 3.

В режиме полной изоляции энергоснабжение технологического оборудования, размещенного внутри основного помещения 2, обеспечивается работой газопоршневой энергетической установки 5. Для нормального функционирования газопоршневой энергетической установки 5 по магистрали подачи сжиженного природного газа 21 насосом 22 обеспечивается подача сжиженного природного газа в теплообменник-испаритель 12, где он газифицируется и в газообразном состоянии подается в качестве горючего в газопоршневую энергетическую установку 5. Для обеспечения работы газопоршневой энергетической установки 5 из резервуара (баллонов) с воздухом 10 по магистрали воздуха 11 воздух подается в качестве окислителя в энергетическую установку 5.

Магистрали 17, 18, 20 и 21, связывающие резервуар для хранения сжиженного природного газа 3 и основное помещение 2 проходят внутри железобетонной технологической потерны 4, соединяющей резервуар 3 и основное помещение 2.

В режиме полной изоляции термостатирование основного помещения 2 специального фортификационного сооружения обеспечивается (частично) работой холодильной машины 6 и связанной с ней через контур теплоносителя 8 с насосом 9 системой кондиционирования воздуха 7 и частично за счет холодильного потенциала сжиженного природного газа, который передается в теплообменнике-испарителе 12 системе кондиционирования воздуха 7 через контур теплоносителя 13 с насосом 14. При этом теплый теплоноситель из контура 13 помощью насоса 14 проходит через теплообменник-испаритель 12 и отдает свое тепло (через теплообменную поверхность) сжиженному природному газу, проходящему по магистрали 21, в результате этого теплоноситель охлаждается и холодным поступает в систему кондиционирования воздуха 7.

При определенных условиях (объемах помещения и т. д.) использование холодильного потенциала сжиженного природного газа позволяет полностью отказаться от работы холодильной машины 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно, что по сравнению с традиционными конструктивными схемами, использующими дизельную энергетическую установку в автономных режимах, применение сжиженного природного газа и названных выше конструктивно-технологических решений обеспечит следующие преимущества [8]:

- покрытие энергетических потребностей СФС в режиме полной изоляции;
- уменьшение мощности холодильной машины;
- экономия мощности дизель-электрической станции;
- уменьшение массы теплоаккумулирующего вещества.

Названные преимущества сжиженного природного газа позволяют использовать его для нужд Министерства образования Российской Федерации.

Список используемых источников

1. *Одишария Г.Э., Сафонов В.С., Тарабрин В.А.* Тепловые процессы в низкотемпературных изотермических хранилищах сжиженных газов // Газовая промышленность. – 1982. – № 11. – С. 43–46.
2. *Рахманин А.И.* Обеспечение безопасности резервуаров для хранения сжиженного природного газа с учетом негативных эксплуатационных факторов, дисс. канд. техн. наук. – М.: Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2014. – 137 с.
3. Методическое руководство по обеспечению в Министерстве обороны Российской Федерации, подведомственных организациях и воинских частях энергосбережения и повышения энергетической эффективности / КНИР "Последователь-14". – МО РФ, 2014. – 71 с.
4. Пат. РФ МПК F17C 1/00, B65G 5/00. Подземные хранилища сжиженного природного газа. – №2232342 от 2004.07.10.
5. *Саруев А.Л.* Прочность оборудования газонефтепроводов и хранилищ: конспект лекций / ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – Томск: ТПУ, 2009. – 51 с.
6. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 56 с.
7. СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. – М.: ГУП НИИмосстрой, 2000. – 42 с.
8. *Вакуненко В.А., Кириллов Н.Г.* Актуальность хранилищ сжиженного природного газа специальных фортификационных сооружений МО РФ // Сборник статей научно-практической конференции «Перспективы и направления развития специальной техники Железнодорожных войск». – СПб.: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2014. – С. 71–76.

Л.С. Дмитриев,
кандидат техн. наук, доцент;
Т.О. Мысливцев,
кандидат техн. наук, доцент;
Д.В. Найшулер,
кандидат техн. наук;
В.И. Невзоров,
кандидат техн. наук, доцент;
В.Ф. Павский,
кандидат техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНЗИСТОРОВ СВЧ В ШИРОКОПОЛОСНЫХ АКТИВНЫХ МОДУЛЯХ АКТИВНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Изложены современное состояние и основные направления развития транзисторов СВЧ, входящих в состав активных модулей фазированных антенных решеток. Приведена сравнительная характеристика энергетических возможностей полевых транзисторов на основе различных полупроводниковых материалов.

Ключевые слова: транзистор, фазированная антенная решетка, полупроводниковый материал.

Фазированные антенные решетки (ФАР) находят широкое применение в современных радиоэлектронных системах, например в радиолокации, представляя собой наиболее эффективные и, соответственно, перспективные антенные системы, позволяющие осуществлять благодаря электрическому сканированию луча быстрый обзор пространства, а также обеспечивать многофункциональный режим работы, комплексирование радиосредств, адаптацию к быстро меняющейся радиотехнической обстановке и т. п. Наличие активного и пассивного радиопротиводействия на РЛС требует разработки многофункциональных систем, адаптируемых к конкретным условиям окружающей помеховой ситуации, а также к значительному усовершенствованию характеристик РЛС. Рост скорости целей и уменьшение их эквивалентной площади (поверхности) рассеяния (ЭПР) требует от РЛС помимо электрического сканирования луча увеличения излучаемой ею мощности. Последнее при использовании в них пассивных ФАР, в частности из-за потерь энергии в высокочастотном тракте, приводит к увеличению объема и массы аппаратуры, не позволяя повысить излучаемую мощность РЛС при сохранении или уменьшении ее массогабаритных параметров, повышении или сохранении ее мобильности. Отмеченное позволяет реализовать применение в РЛС активных фазированных антенных решеток (АФАР).

В зависимости от схемы построения в АФАР могут использоваться различные активные элементы – усилители, синхронизируемые генераторы, преобразователи и умножители частоты, аналого-цифровые преобразователи (АЦП), другие устройства предварительной пространственно-временной обработки сигнала. Активные элементы в каналах тракта СВЧ антенны, входящие в состав так называемых приемо-передающих модулей (ППМ), позволяют не только уменьшить потери, но и увеличить излучаемую мощность, упростить распределительную систему, улучшить массогабаритные характеристики антенной системы, а также построить более эффективную систему обработки сигналов, адаптации, поляризационной обработки сигнала, многоцелевой работы и т. д. АФАР в отличие от ФАР позволяет существенно расширить диапазон рабочих частот РЛС, а также создать сверхширокополосные (СШП) электрически сканирующие антенны, излучающие и принимающие сверхкороткие (порядка одной наносекунды и короче) радио- и видеоимпульсы, необходимые для обнаружения и распознавания малоразмерных (малозаметных) целей. В качестве примера на рис. 1

показан внешний вид АФАР бортовой РЛС X-диапазона типа «Жук» истребителя МиГ-35, расположенной в носовой части самолета [1]. Диаметр полотна антенны составляет 600 мм, число ППМ – 680, импульсная мощность излучения единичного модуля – около 5 Вт при потребляемой станцией мощности 5,5 кВт, дальность действия станции – около 200 км.



Рис. 1. Внешний вид АФАР бортовой РЛС X-диапазона типа «Жук» истребителя МиГ-35

Одной из наиболее жизненно важных систем АФАР является антенный активный модуль, в значительной степени определяющий характеристики как самой АФАР, так и РЛС в целом (точность обнаружения и наведения, дальность действия, возможность многофункциональной работы в условиях помех и пр.). С другой стороны, параметры, характеристики активного модуля, а также схема его построения, конструкция во многом определяются техническими характеристиками и параметрами систем, обеспечивающих функционирование АФАР, представляющей собой ансамбль управляемых активных модулей, которые формируют направленное СВЧ излучение с заданными энергетическими, радиотехническими и пространственными параметрами. Входящие в состав активного модуля и, соответственно, ансамбля модулей современной полупроводниковой АФАР транзисторы должны иметь высокую удельную выходную мощность и эффективно работать в заданном диапазоне частот, обладать расширенным температурным диапазоном, быть высоконадежными и иметь идентичные параметры. Выходная средняя мощность излучателей АФАР должна составлять до единиц ватт в сантиметровом диапазоне волн и десятки ватт в дециметровом.

Современные транзисторы СВЧ представляют собой фактически гибридные интегральные схемы (ИС) СВЧ, содержащие помимо самой транзисторной структуры цепи согласования на соответствующий конкретный диапазон частот, обеспечивающие входное и выходное сопротивление ИС, равное 50 Ом (так называемые ВСТ – внутрисогласованные транзисторы).

Особенностью работы транзисторов в импульсных РЛС является режим с малой скважностью импульсов, обусловленный необходимостью обеспечения заданной дальности действия РЛС, определяемой средней мощностью излучения, так как транзисторы не могут генерировать как электровакуумные приборы выходные СВЧ колебания большой мощности. Поэтому необходимый уровень средней мощности излучения РЛС достигается за счет значительного увеличения длительности импульсов (от десятков и сотен микросекунд до миллисекунд) и уменьшения скважности (до единиц).

Применение АФАР в РЛС – одна из основных тенденций современной радиолокации, обусловленная достижениями в области технологии полупроводниковых ИС СВЧ, составляющих основу базового функционального узла АФАР – приемно-передающего модуля антен-

ны и позволяющих успешно конкурировать в области малой и средней мощности с электровакуумными приборами СВЧ.

К таким достижениям относится в первую очередь построение ППМ на основе ИС СВЧ с использованием полевых транзисторных структур СВЧ (ПТС СВЧ) с барьером Шоттки – транзисторов с затвором металл-полупроводник (МЕП) и преимущественно транзисторов с затвором металл-полупроводник и гетеропереходом (ГМЕП) на основе арсенида галлия GaAs, которые по сравнению с кремниевыми структурами имеют большую ширины запрещенной зоны (1,34 эВ против 1,12 эВ), сдвигающую рабочий диапазон частот в более коротковолновую часть диапазона, большую подвижность электронов (примерно в пять раз) и в два раза более высокую дрейфовую скорость при насыщении, более высокую максимальную критическую напряженность электрического поля. Более широкая запрещенная зона GaAs определяет более высокую устойчивость работы данных транзисторов и построенных на их основе ИС СВЧ при высоких температурах и высоких уровнях радиации, а повышенное значение максимальной критической напряженности электрического поля GaAs увеличивает пробивное напряжение и максимально допустимое напряжение стока, способствуя повышению удельной выходной мощности таких полевых транзисторных структур [от 0,3 Вт/мм Si МОП (металл-окисел-полупроводник) полевых транзисторов до 0,7–1,0 Вт/мм у GaAs ГМЕП транзисторов], их надежности и долговечности. Более высокая удельная мощность транзисторных структур и транзисторов по GaAs технологии способствует также существенному улучшению их массогабаритных характеристик. Гетероструктурные GaAs транзисторы перекрывают диапазон до 50 ГГц при диапазоне средней выходной мощности до 15 Вт [2].

Следующим, носящим революционный характер шагом в области технологий изготовления ПТ СВЧ и изделий на их основе является освоение технологии изготовления полевых транзисторных структур и транзисторов с барьером Шоттки на основе широкозонных полупроводников, позволяющих совершить качественный скачок в улучшении электрических, массогабаритных и эксплуатационно-технических параметров полевых транзисторных структур и транзисторов. В первую очередь это относится к гетероструктурным полевым транзисторам на основе нитрида галлия GaN, у которого по сравнению с GaAs ширина запрещенной зоны (3,39 эВ) в 2,4 раза больше, коэффициент теплопроводности в 8...10 раз выше, а удельная мощность транзисторов достигает 8 Вт/мм и более. Высокая плотность мощности полевых ГМЕП транзисторов, выполненных на основе G-технологии, позволяет помимо увеличения мощности излучения единичного модуля значительно уменьшить массу и габариты ППМ РЛС с АФАР, что важно с точки зрения их минимизации применительно к современной аппаратуре, а большая ширина запрещенной зоны – повысить температурную (максимальная рабочая температура достигает 350–400°С) и радиационную устойчивость.

Применение GaN транзисторов в РЛС с АФАР (современных и перспективных) в диапазоне частот 2–20 ГГц связано с их реальными достоинствами, в частности на системном уровне: сравнительная простота и дешевизна схемотехнической реализации мощных СВЧ усилителей и в том числе паллет (однокаскадных усилителей мощности СВЧ с входным и выходным сопротивлениями, равными 50 Ом, и служащих элементами для построения широкополосных и других усилителей мощности), простота достижения широких полос частот усиления, снижение энергопотребления РЛС и связанных с ним издержек, уменьшение сложности и стоимости систем охлаждения. Это открывает широкие перспективы как для разработки новейших РЛС, так и модернизации эксплуатирующихся, и особенно там, где они могут составить конкуренцию электровакуумным приборам СВЧ.

В настоящее время широко используемая технология GaAs транзисторов пока имеет минимальную стоимость и высокий уровень промышленного производства, а развивающаяся технология GaN транзисторов – существенные технические преимущества в максимальных электродинамических и минимальных массогабаритных параметрах и минимальной стоимости источников электропитания. За рубежом [3] промышленные (серийные) GaN ГМЕП транзисторы и приборы на их основе перекрывают диапазон частот до 20 ГГц при средней

мощности выходных СВЧ колебаний от единиц до нескольких десятков ватт (до 100 Вт), высоком напряжении стока (десятки вольт), типовом КПД 60 % и рабочей температуре до 350°C.

Находят применение также широкозонные полевые транзисторы Шоттки на основе карбида кремния SiC (ширина запрещенной зоны 3,2 эВ), имеющие высокое рабочее напряжение стока (десятки вольт) и рабочую температуру до 255°C при удельной выходной мощности 2–3 Вт/мм. Однако из-за малой подвижности электронов в проводящем канале предельные частоты транзисторов оказываются относительно низкими, что ограничивает рабочий диапазон частотой порядка 3 ГГц. Выходная мощность SiC транзисторов достигает 60 Вт при типовом КПД 40 %.

Сравнительная характеристика энергетических возможностей полевых транзисторов при отмеченных выше состояниях технологий их производства может быть проиллюстрирована показанными на рис. 2 зависимостями уровня выходной мощности серийных приборов $P_{\text{вых}}$ от ширины затвора.

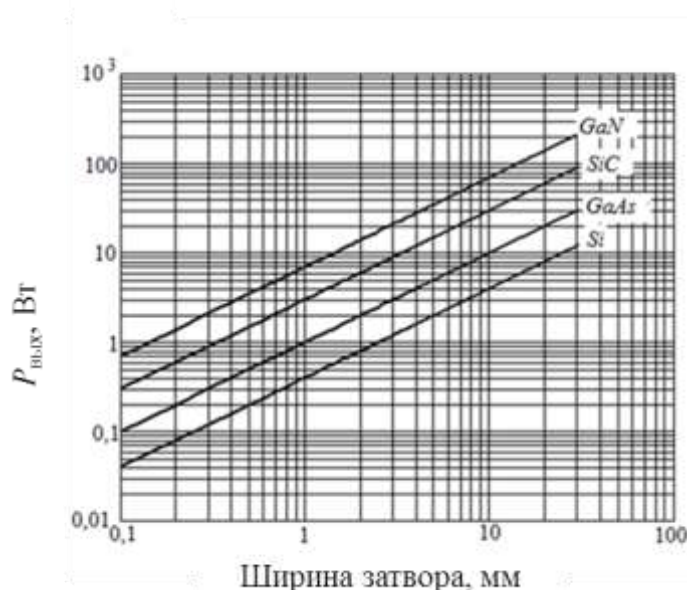


Рис. 2. Зависимости выходной мощности полевых транзисторов от ширины затвора для различных технологий производства

Так, выходная мощность ГМЭП полевых транзисторов, выполненных на подложке SiC по GaN технологии, на частоте 2 ГГц при ширине затвора 25–30 мм составляет 170 Вт, на частоте 10 ГГц при ширине затвора 1,5 мм – 14 Вт, на частоте 35 ГГц и ширине затвора 1,05 мм – 3,5 Вт.

Развитие GaN технологии в части повышения удельной мощности транзисторов связано с увеличением рабочего напряжения стока, ограничиваемого напряжением пробоя сток-исток, до 100 В и более (против 7–12 В для транзисторов на GaAs), а также устранением нестабильности тока стока с увеличением напряжения стока, обусловленной дефектами используемых материалов. При теоретическом пределе 35–40 Вт/мм уже созданы гетероструктурные полевые транзисторы Шоттки с затвором длиной 0,55 мкм и шириной 0,246 мм, выходная мощность которых в непрерывном режиме на частоте 4 ГГц составляет 39 дБм при коэффициенте усиления 14 дБ и удельной выходной мощности 32,2 Вт/мм. На частоте 8 ГГц удельная мощность составляет соответственно 30,6 Вт/мм при коэффициенте усиления 10,7 дБ.

Перспективы развития полевых транзисторов с применением широкозонных полупроводниковых материалов во многом связаны с использованием алмаза (ширина запрещенной зоны – 5,47 эВ, подвижность электронов в 1,4 раза выше подвижности в GaN, рабочая температура 500–600° С), который рассматривается как идеальный материал для создания нового

поколения наноразмерных электронных компонентов, и в том числе полевых транзисторов, результативные работы по созданию которых ведутся.

В России также ведутся разработки, связанные с освоением и применением GaN технологии для изготовления на ее основе полевых транзисторов ГМЭП и ИС СВЧ (и на их основе ППМ) в различных частотных диапазонах [4–9]. Сегодня одним из наиболее осваиваемых этой технологией является диапазон частот 2–8 ГГц. Так, в диапазоне 4...8 ГГц передающий модуль для АФАР на основе мощных нитридгаллиевых транзисторов обеспечивает выходную мощность в непрерывном режиме до 37 дБм при коэффициенте усиления до 30 дБ с уровнем удельной мощности транзисторов 4 Вт/мм.

Основным же направлением пока остается GaAs технология. Современные отечественные полевые транзисторы и ИС СВЧ производятся главным образом на основе эпитаксиальных гетероструктур арсенида галлия. Имеются также разработки полевых транзисторов на основе SiC. Так, выходная мощность одного из экспериментальных усилителей на SiC в диапазоне частот 0,8–1,6 ГГц составила около 100 Вт при КПД около 30 %.

Энергетические возможности современных отечественных широкополосных усилительных транзисторных модулей применительно к выходным параметрам АФАР отражены на рис. 3. Здесь же отмечены уровни выходной мощности, достигнутые современными отечественными и зарубежными полупроводниковыми приборами. В табл. 1 приведены параметры широкополосных усилительных транзисторных модулей [10], отмеченных на рис. 3, а внешний вид внутренней структуры модулей РМ24-С8 диапазона частот 2–4 ГГц и РМ48-1 диапазона 4–8 ГГц показаны соответственно на рис. 4 и 5. Модуль РМ24-С8 выполнен по технологии GaN. Параметры типовых отечественных полупроводниковых приемопередающих модулей, предназначенных для АФАР X-диапазона, приведены в табл. 2 [11], ряд отечественных широкополосных полевых транзисторов Шоттки и их параметры показаны в табл. 3.

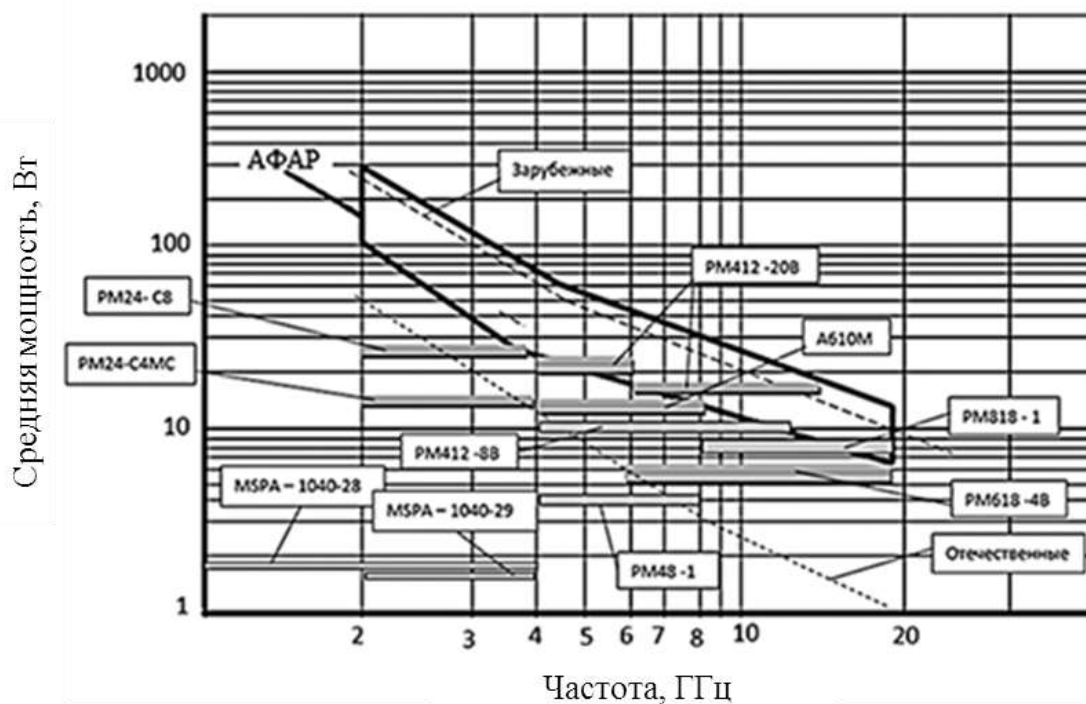


Рис. 3. Зависимость широкополосных усилительных модулей и полупроводниковых приборов от частоты средней выходной мощности АФАР

Таблица 1

Параметры широкополосных отечественных модулей

Модуль	Диапазон частот, ГГц	Выходная мощность в непрерывном режиме, Вт		Коэффициент усиления в линейном режиме, дБ	Неравномерность АЧХ, дБ	КСВН входа и выхода, не более	Напряжение, В		Ток, А		Температура эксплуатации, °С
		в режиме насыщ.	при компрессии				стока	затвора	стока	затвора	
MSPA 1040-28	2...4	1,8	1,3 (1 дБ)	36	–	2	10	-5	4	0,2	-40...+75
PM24-C8	2...4	25	20 (1 дБ)	40	1,5	2	9	-5	13	0,3	-40...+70
PM24-C4MC	2...4	14	13 (1 дБ)	40	1,5	2	9,5	-5	8	0,15	-60...+60
MSPA-2040-29	2...4	1,8	1,3 (1 дБ)	36	–	2	9	-5	1,2	0,06	-40...+75
A610M	4...8	14	12 (1 дБ)	38	1,5	2	10	-5	6	0,3	-60...+75
PM48-1	4...8	4	2,2 (2 дБ)	42	2	2	9	-6	1,9	0,2	-60...+60
PM412-208	4...12	22(4-6 ГГц) 15(6-12 ГГц)	–	55	5	2,5	9	-9	4,3	0,2	-60...+60
PM412-88	4...12	10	8 (2 дБ)	39	5	2,5	9	-9	11	0,2	-60...+60
PM618-4B	6...18	5	4 (2 дБ)	39	5	2,5	9	-9	6	0,2	-60...+60
PM818-1	8...18	6	1,8 (2 дБ)	36	3	2	9	-6	2,2	0,2	-60...+60

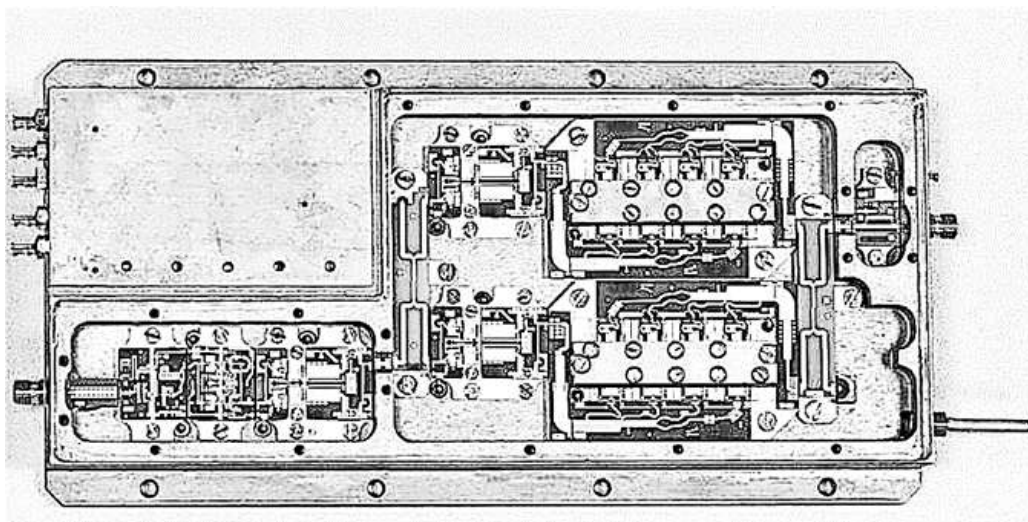


Рис. 4. Внешний вид внутренней структуры модуля PM24-C8 диапазона частот 2–4 ГГц

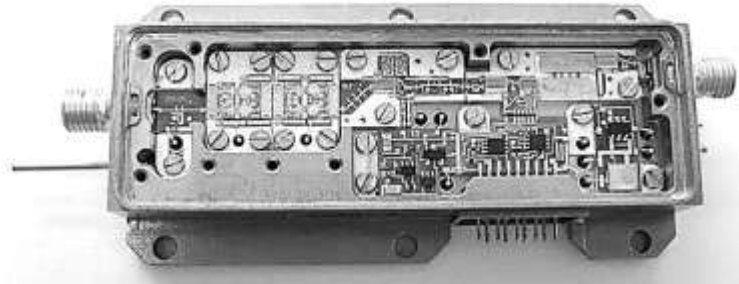


Рис. 5. Внешний вид внутренней структуры модуля RM48-1 диапазона частот 4–8 ГГц

Таблица 2

Параметры типовых отечественных приемо-передающих модулей для АФАР

Частотный диапазон	Полоса рабочих частот, %	Выходная импульсная мощность, Вт	Длительность импульса, мкс	Коэффициент усиления передающего канала, дБ	Коэффициент усиления приемного канала, дБ	Диапазон регулировки аттенуатора с шагом 1 дБ, дБ	Диапазон регулировки фазы с шагом град, град	КПД модуля, %	Габаритные размеры, мм
10-сантиметровый (модуль М-2730)	10	6...8	1...300	>20	>50	0...15	22,5...360	15	140×50×50
5-сантиметровый	10	12...15	1...800	–	–	15	11,5...360	15	235×35×13
3-сантиметровый	5	0,2	0,04...40	–	–	15	11,5...360	15	250×110×11

Таблица 3

Параметры широкополосных отечественных арсенид-галлиевых транзисторов

Транзистор	Диапазон частот, ГГц	Выходная мощность, Вт	Коэффициент усиления, дБ	Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность, Вт	Максимально допустимая импульсная рассеиваемая мощность, Вт	КПД, %	Максимально допустимое постоянное напряжение, В		Ток		Температура эксплуатации, °С
							Стока	Затвора	Стока, А	Затвора, мА	
ЗП926А-2	3,7...4,2	3	6,5	7	–	35	8	-5	3	<0,25	-60...+125
ЗП926В-2	4,3...3,8	3,5	8	7	–	35	8	-5	3	<0,25	-60...+125
ЗПЭ30А-2	5,7...6,3	6	6	21	–	40	8	-5	4,5	<1,0	-60...+125
ЗПЭ30Б-2	5,7...6,3	8	5	21	–	40	8	-5	4,5	<1,0	-60...+125
ЗП9Э0В-2	5,7...6,3	12	4,5	21	–	45	8	-5	4,5	<1,0	-60...+125
ЗП976А-5	1...12, 1...6	>0,8	5	–	3	25	8	–	–	–	-60...+125
		>0,9	9	–	3	35	8	–	–	–	
ЗП976А-6	1...12, 1...6	>0,8	5	–	3	25	8	–	–	–	–
		>0,9	9	–	3	35	8	–	–	–	
ЗП976Б-5	1...6	>1,4	8	–	5	35	8,5	–	–	–	–
ЗП976Б-6	1...6	>1,4	8	–	5	35	8,5	–	–	–	–
ЗП976В-5	1...6	>1,7	7	–	5,5	35	8	–	–	–	–
ЗП976В-6	1...6	>1,7	7	–	5,5	35	8	–	–	–	–

Выше отмечалось, что внедрение широкозонных полупроводников в процессы производства транзисторов приводит к существенному улучшению почти на порядок их параметров, повышая при этом их температурную и радиационную устойчивость. Поэтому ведущими в этой области полупроводниковой электроники отечественными предприятиями в период до 2020 года ставятся задачи по разработкам и реализации технологий изготовления полупроводниковых усилительных структур с использованием широкозонных полупроводниковых материалов, и в первую очередь нитрида галлия. К ним, в частности, относятся разработка GaN гетероструктур мощных внутрисогласованных длинноимпульсных СВЧ транзисторов на диапазон частот 9,5–10,5 ГГц с выходной мощностью до 50 Вт при длительности импульса до 2 мс, разработка сверхширокополосных интегральных схем усилителей мощности в диапазоне частот 4–18 ГГц с выходной мощностью 3–5 Вт, с последующей организацией серийного производства и др.

Одним из перспективных направлений при проектировании и разработке приемопередающих модулей АФАР является использование комбинаций активных элементов на новых полупроводниковых материалах, например SiGe и GaN с реализацией функциональных модулей как элементной базы нового поколения («система в корпусе»), в которой аналого-цифровые полупроводниковые ИС на биполярных SiGe транзисторных элементах образуют интеллектуальный модуль СВЧ, а ИС на GaN обеспечивает уровень излучаемой мощности и малозумящий прием сигналов.

Список используемых источников

1. Бортовая радиолокационная станция с АФАР «Жук –А»: военно-технический сборник Бастион. – 2016. – № 1.
2. *Кищинский А.А.* Широкополосные транзисторные усилители мощности СВЧ: смена поколений // Электроника, наука, технология, бизнес. – 2010. – № 2.
3. *Кищинский А.А.* Твердотельные СВЧ усилители мощности на нитриде галлия – состояние и перспективы развития // Материалы 19-й международной Крымской конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь, 2009. – С. 11–16.
4. *Балакирев А., Туркин А.* Перспективы нитрида галлия в СВЧ электронике // Электроника, наука, технология, бизнес. – 2015. – № 4.
5. *Мишуков С.* Опыт применения GaN-транзисторов L-диапазона фирмы MICROSEMI // Вестник электроники. – 2015. – № 1.
6. Перспективы развития мощных полевых транзисторов на гетероструктурах с донорно-акцепторным легированием / В.М. Лукашин, А.Б. Пашковский, К.С. Журавлёв, А.И. Торопов, В.Г. Лапин // Физика и техника полупроводников. – 2014. – Т. 48, № 5.
7. *Борисов А.А.* Основные направления развития отечественной СВЧ электроники // Электронная техника. – 2013. – Сер. 1, № 3.
8. *Попов В.В.* Современное состояние и перспективы развития СВЧ приборов и устройств в ОАО «Светлана» // Электронная техника. – 2013. – Сер.1, № 3.
9. *Брыкин А.В.* Стратегия развития ОАО «Росэлектроника» на период до 2020 года и место в ней ФГУП «НПП «Исток» // Электронная техника. – 2013. – Сер.1, № 3.
10. Разработка и производство твердотельных модулей СВЧ 2004–2016. – М.: АО «Микроволновые системы», 2016.
11. Активные фазированные решетки / под ред. Д.И. Воскресенского и А.И. Канащенкова. – М.: Радиотехника, 2004.

М.Ю. Зоткин;
В.И. Миронов,
доктор техн. наук, профессор;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВЫМ РАЗВОРОТОМ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО ПАРАМЕТРАМ РОДРИГА – ГАМИЛЬТОНА

Рассматривается конструктивный метод решения краевых задач и нелинейных уравнений – метод приближенного корректирующего оператора, который применяется для определения программы управления угловым движением космического аппарата с использованием кинематических уравнений в параметрах Родрига – Гамильтона. Приведен численный пример, иллюстрирующий высокую точность и скорость сходимости вычислительного процесса.

Ключевые слова: космический аппарат, численные методы, метод приближенного корректирующего оператора, параметры Родрига – Гамильтона, краевая задача.

На сегодняшний день успешное выполнение задач по наблюдению за орбитальными объектами непосредственно связано с функциональными возможностями отечественных космических аппаратов (КА). При создании таких КА большое внимание уделяется разработке как бортового комплекса управления в целом, так и алгоритмов автономной системы управления в частности, а одним из главных вопросов является разработка алгоритмов углового движения КА. Для непосредственного решения задач управления угловым движением могут быть использованы традиционные методы решения краевых задач и нелинейных уравнений, но большой практический интерес представляют численные методы, обладающие повышенной оперативностью. К числу таких методов, в частности, относится рассматриваемый в данной работе метод приближенного корректирующего оператора (ПКО), который позволяет использовать возможные упрощенные алгоритмы приближенного расчета в схеме численного поиска точного решения полной задачи. Такой подход расширяет конструктивный базис синтеза быстродействующих алгоритмов решения указанных краевых задач и нелинейных уравнений. С помощью этого метода можно уточнять вектор управления за счет однократного интегрирования уравнений движения.

При решении задач управления угловым разворотом КА необходимо определить соответствующие параметры – продолжительность работы двигателей ориентации и знаки управляющих моментов по каждому каналу ориентации, обеспечивающие разворот КА из начального углового положения $\bar{\alpha}_0, \bar{\omega}_0$ в требуемое угловое положение $\bar{\alpha}_T, \bar{\omega}_T$ за заданное время $T_{\text{зад}}$. Поставленные задачи управления являются краевыми для соответствующей модели динамики управления и граничных условий.

Решение краевой задачи сводится к решению краевого уравнения

$$\bar{X}(\bar{X}_0, T) = \bar{X}_T,$$

где \bar{X} – вектор фазового состояния.

При решении задачи необходимо использовать следующие уравнения углового движения КА в параметрах Родрига – Гамильтона, так как они не вырождаются в любом положении объекта и отличаются малым числом независимых параметров [2]:

$$\begin{cases} \dot{p}_0 = \frac{1}{2} (0 p_0 - \omega_x p_1 - \omega_y p_2 - \omega_z p_3); \\ \dot{p}_1 = \frac{1}{2} (\omega_x p_0 + 0 p_1 - \omega_y p_2 - \omega_z p_3); \\ \dot{p}_2 = \frac{1}{2} (\omega_y p_0 - \omega_z p_1 + 0 p_2 + \omega_x p_3); \\ \dot{p}_3 = \frac{1}{2} (\omega_z p_0 + \omega_y p_1 - \omega_x p_2 + 0 p_3). \end{cases} \quad (1)$$

где p_0, p_1, p_2, p_3 – параметры Родрига – Гамильтона.

Так как КА является несимметричным, то динамические уравнения Эйлера принимают следующий вид [4]:

$$\begin{cases} \dot{\omega}_x = \frac{I_y - I_z}{I_x} \omega_y \omega_z + U_x; \\ \dot{\omega}_y = \frac{I_z - I_x}{I_y} \omega_x \omega_z + U_y; \\ \dot{\omega}_z = \frac{I_x - I_y}{I_z} \omega_x \omega_y + U_z. \end{cases} \quad (2)$$

Задачи такого рода обычно решают итерационным методом Ньютона [1]. Соответствующая вычислительная схема расчета управления имеет следующий известный вид:

$$\bar{u}_{k+1} = \bar{u}_k - \left[\frac{\partial \bar{S}}{\partial \bar{u}} \right]_k^{-1} \cdot \bar{S}(\bar{u}_k), \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

где $\bar{S}(\bar{u}_k)$ – промах в k -й итерации, причем

$$\bar{S} = \bar{x}(\bar{p}_k, T) - \bar{x}_T.$$

Однако реализация метода Ньютона требует выполнения большого объема вычислений в связи с необходимостью дополнительного интегрирования уравнений движения для расчета соответствующих матриц частных производных на каждой итерации. Важное значение для повышения быстродействия алгоритмов управления имеют конструктивные методы решения краевых задач. Значительными возможностями в этом отношении обладает метод ПКО [3]. Согласно этому методу нелинейные уравнения представляют собой следующее выражение:

$$A(\bar{q}) = \bar{p}_T, \quad (3)$$

где \bar{q} – вектор управляющих параметров.

Из уравнения (3) следует, что оператор A определен неявно на процедурах интегрирования дифференциальных уравнений, поэтому применяется вычислительный процесс

$$\bar{q}_{k+1} = M \left[\bar{p}_T - \sum_{i=0}^k \bar{\Delta}(\bar{q}_i) \right],$$

где

$$\bar{\Delta}(\bar{q}_i) = A(\bar{q}_i) - \bar{p}_T.$$

Здесь

$$M[\bullet] = A_1^{-1}[\bullet]$$

есть приближенный корректирующий оператор, выражающий алгоритм решения приближенного уравнения

$$A_1(\bar{q}) = \bar{p}_T.$$

Выбор приближенного уравнения и оператора M может быть осуществлен множеством различных способов в конкретной ситуации с учетом специфики исходной задачи. Для этого могут применяться как формальные приемы упрощения исходных моделей, так и методы их аппроксимации и приближенного решения.

Важной особенностью метода ПКО является то обстоятельство, что для каждой итерации значение $A(\bar{q})$ вычисляется один раз. Применительно к рассматриваемой в данной работе задаче управления это означает, что для очередного уточнения вектора неизвестных параметров дифференциальные уравнения краевой задачи интегрируются один раз. Таким образом, обеспечивается высокая экономичность вычислений.

Условия сходимости рассматриваемого вычислительного процесса устанавливаются на основе известного принципа сжатых отображений [3]. Для того, чтобы реализовать данный метод при решении поставленной задачи расчета программы управления угловым разворотом несимметричного КА с конечным вектором управляющих моментов, необходимо сформировать соответствующий приближенный корректирующий оператор. В работе в качестве такого оператора принят алгоритм программы управления угловым разворотом симметричного КА, который может быть представлен следующим образом.

Шаг 1. Преобразование заданных начальных и конечных углов Эйлера в соответствующие параметры Родрига – Гамильтона по формулам [2]:

$$\begin{cases} p_0 = \cos \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}; \\ p_1 = \cos \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2} + \sin \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2}; \\ p_2 = \sin \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} + \cos \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}; \\ p_3 = \cos \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}, \end{cases}$$

где ψ – угол рыскания;

ϑ – угол тангажа;

γ – угол крена.

Шаг 2. Для симметричного КА, имеющего одинаковые главные моменты инерции по всем связанным осям угловой разворот производится с постоянной угловой скоростью. В этом случае кинематические уравнения в параметрах Родрига – Гамильтона имеют следующее аналитическое решение [5]:

$$\begin{bmatrix} p_0(t) \\ p_1(t) \\ p_2(t) \\ p_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_0 & -q_1 & -q_2 & -q_3 \\ q_1 & q_0 & q_3 & -q_2 \\ q_2 & q_3 & q_0 & q_1 \\ q_3 & q_2 & -q_1 & q_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix},$$

$$q_0 = \cos(\omega t / 2);$$

$$q_1 = q_x \cdot \sin(\omega t / 2) = \frac{\omega_x}{\omega} \cdot \sin \frac{\omega t}{2};$$

$$q_2 = q_y \cdot \sin(\omega t / 2) = \frac{\omega_y}{\omega} \cdot \sin \frac{\omega t}{2};$$

$$q_3 = q_z \cdot \sin(\omega t / 2) = \frac{\omega_z}{\omega} \cdot \sin \frac{\omega t}{2}.$$

Шаг 3. При заданных $\bar{p}(t_0) = \bar{p}_0$ и $\bar{p}(T) = \bar{p}_T$ задача сводится к определению $\bar{\omega}_\Pi$ путем решения нелинейного векторного уравнения:

$$\bar{p}_T = \bar{a} \cos \frac{\omega_0 T}{2} + \frac{\sin \frac{\omega_0 T}{2}}{\omega_0} C \bar{\omega}_\Pi,$$

где $\bar{a}(t_0) = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix};$

$$\bar{C}(t_0) = \begin{pmatrix} p_0 & -p_3 & p_2 \\ p_3 & p_0 & -p_1 \\ -p_2 & p_1 & p_0 \end{pmatrix};$$

ω_0 – модуль начальной угловой скорости;

$$\bar{\omega}_\Pi = (\omega_{x0}, \omega_{y0}, \omega_{z0})^T.$$

Шаг 4. Нелинейное векторное уравнение разрешается относительно $\bar{\omega}_\Pi$:

$$\bar{\omega}_{\Pi i} = C^{-1} \frac{(\bar{p}_T - \bar{a} \cos \frac{\omega_{0i} T}{2}) \omega_{0i}}{\sin \frac{\omega_{0i} T}{2}},$$

где i – номер итерации. Данное уравнение решается методом простых итераций [1].

Шаг 5. Для решения задачи необходимо определить начальное приближение для модуля начальной угловой скорости ω_{0i} . С этой целью обратимся к известной теории конечных поворотов твердого тела [5], согласно которой:

$$\omega_0 = \frac{2}{T} \arccos p_0(T).$$

Итерационный процесс продолжается до достижения заданной точности.

Шаг 6. После определения вектора $\bar{\omega}_\Pi$ вычисляются начальные и конечные импульсы угловой скорости:

$$\Delta \bar{\omega}_0 = \bar{\omega}_\Pi - \bar{\omega}_0;$$

$$\Delta \bar{\omega}_T = \bar{\omega}_T - \bar{\omega}_\Pi.$$

Знаки, полученные при расчете импульсов угловой скорости, используются далее как знаки управляющих моментов по каждому каналу ориентации.

Шаг 7. Зная начальные и конечные импульсы угловой скорости можно определить продолжительность работы двигателей ориентации τ_{ij} по каждому каналу на 1-м ($\tau_{1x}, \tau_{1y}, \tau_{1z}$) и 2-м ($\tau_{2x}, \tau_{2y}, \tau_{2z}$) активных участках углового разворота, определяющие моменты их включения и выключения:

$$\begin{cases} \tau_{ix} = \Delta\omega_{ix} \frac{I_x}{M_x}; \\ \tau_{iy} = \Delta\omega_{iy} \frac{I_y}{M_y}; \\ \tau_{iz} = \Delta\omega_{iz} \frac{I_z}{M_z}. \end{cases}$$

Приведенный алгоритм рассматривается далее в качестве ПКО при решении задачи расчета программы управления угловым разворотом для несимметричного КА с конечным вектором управляющих моментов, имеющего различные главные моменты инерции по соответствующим осям.

Общая вычислительная схема расчета программы управления угловым разворотом методом приближенного корректирующего оператора состоит в следующем:

1. Пересчет начальных и конечных значений углов Эйлера в соответствующие параметры Родрига – Гамильтона.
2. Расчет программы управления угловым разворотом по приведенному выше алгоритму ПКО.
3. Численное интегрирование кинематических (1) и динамических (2) уравнений методом Рунге – Кутты 4-го порядка [1].
4. Определение промаха, соответствующего первому приближению по конечным значениям параметров.
5. Определение новой смещенной точки прицеливания и расчет уточненных значений параметров программы управления по алгоритму метода ПКО.

Далее вычисления повторяются пока не будет обеспечена требуемая точность расчетов.

Приведем в качестве примера некоторые результаты численных расчетов программы управления угловым разворотом несимметричного КА, полученные по исходным данным, приведенным в табл. 1. В этой таблице I_i – моменты инерции по соответствующим осям; $\bar{\omega}$ – векторы начальной и конечной угловой скорости; T – время углового разворота.

Таблица 1

Исходные данные

ψ_0 град	θ_0 град	γ_0 град	ψ_T град	θ_T град	γ_T град	I_x кг·м ²	I_y кг·м ²	I_z кг·м ²	$\bar{\omega}(t_0)$ град/с	$\bar{\omega}(T)$ град/с
0	0	0	28,4	22,05	0	260	210	190	0	0
T с	M_{yx} Н·м	M_{yy} Н·м	M_{yz} Н·м							
15	2,6	4,68	4,95							

В табл. 2 приведены результаты перевода начальных и конечных углов Эйлера в соответствующие параметры Родрига – Гамильтона.

Таблица 2

Перевод углов Эйлера в параметры Родрига – Гамильтона

$p_0(t_0)$	$p_1(t_0)$	$p_2(t_0)$	$p_3(t_0)$	$p_0(T)$	$p_1(T)$	$p_2(T)$	$p_3(T)$
1	0	0	0	0,9515	0,047	0,241	0,1854

В табл. 3 представлены результаты расчетов продолжительности работы двигателей ориентации τ_{ij} по каждому каналу на 1-м и 2-м активных участках углового разворота.

Таблица 3

Продолжительности работы двигателей ориентации

τ_{1x} с	τ_{1y} с	τ_{1z} с	τ_{2x} с	τ_{2y} с	τ_{2z} с
0,61	1,66	1,02	0,71	1,63	1,06

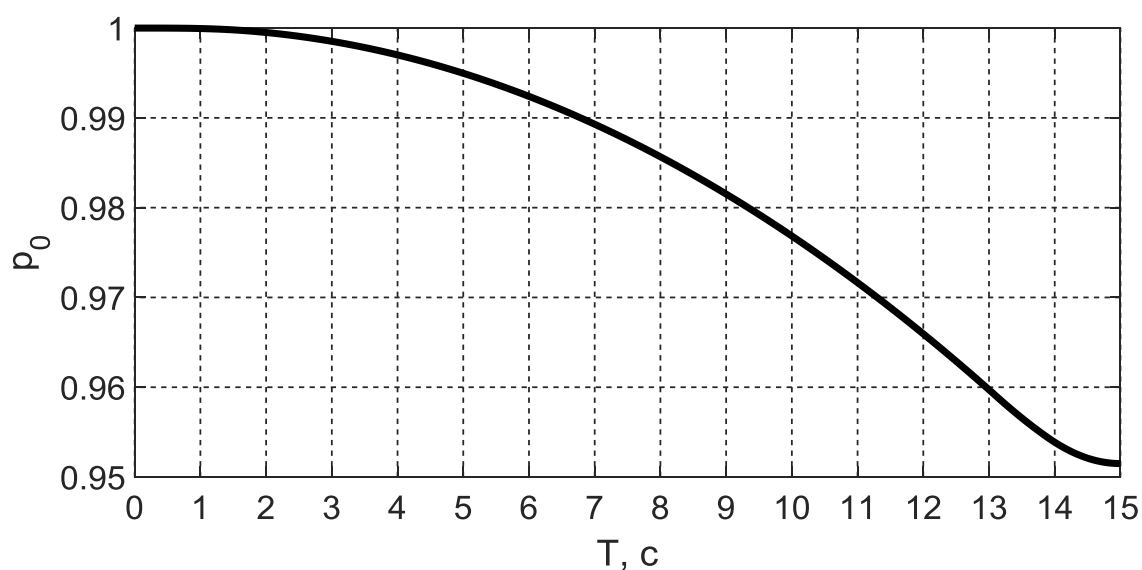
В табл. 4 приведены расчетные данные, иллюстрирующие сходимость алгоритма определения программы управления по параметрам Родрига – Гамильтона и углам Эйлера.

Таблица 4

Сходимость алгоритма управления

Номер итерации	$p_0(T)$	$p_1(T)$	$p_2(T)$	$p_3(T)$	$\psi(T)$ град	$\vartheta(T)$ град	$\gamma(T)$ град
1	0,8123	-0,0100	0,4474	0,3739	66,4	36,7	-25,9
2	0,9324	0,1202	0,2768	0,1984	31,3	25,8	7,3
3	0,9527	0,0539	0,2406	0,1771	28,1	21,3	1,07
4	0,9517	0,0457	0,2405	0,1847	28,3	21,9	-0,1
5	0,9514	0,0468	0,2409	0,1855	28,4	22,06	-0,02
6	0,9515	0,047	0,2410	0,1854	28,4	22,05	0,001

На рис. 1 и 2 изображены программы изменения параметров Родрига – Гамильтона p_0, p_1, p_2, p_3 . На рис. 3 показаны программы изменения угловой скорости $\omega_x, \omega_y, \omega_z$.

Рис. 1. Программа изменения параметра p_0

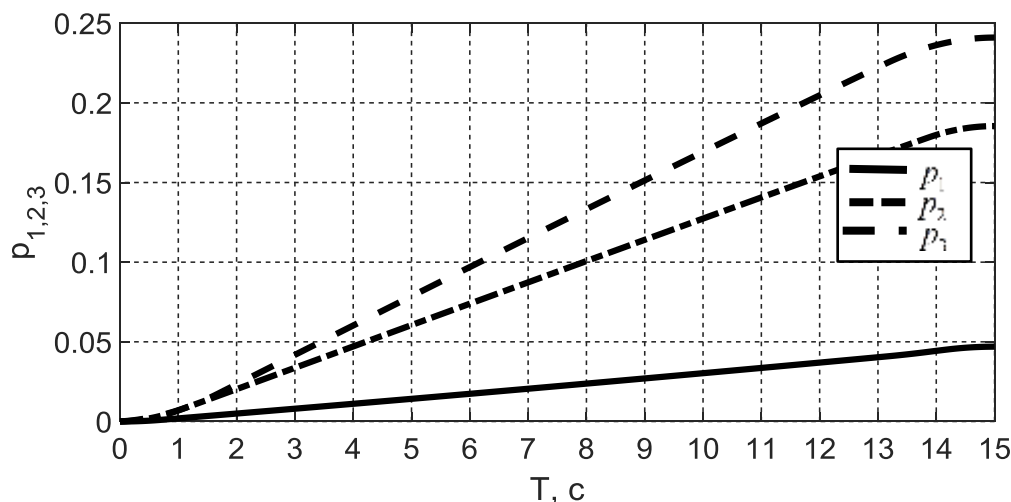


Рис. 2. Программа изменения параметра $p_{1,2,3}$

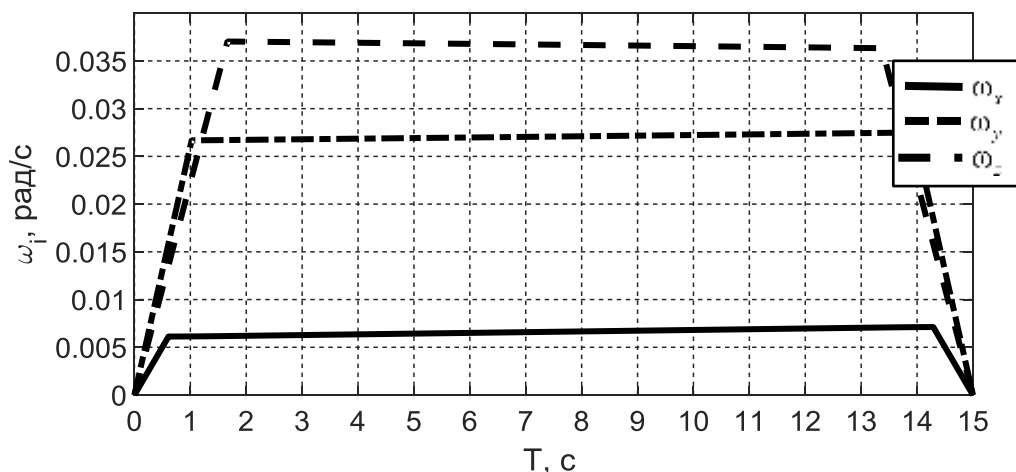


Рис. 3. Зависимость угловой скорости $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ от времени

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что вычислительный процесс сходится за пять итераций. На каждой итерации уравнения движения интегрируются один раз, что обеспечивает достаточно высокую оперативность расчетов. Приведенные на рисунках данные свидетельствуют о высокой точности вычислительного процесса. Расчеты показали, что применение метода ПКО в принятых условиях позволяет сократить объем вычислений в четыре-пять раз. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость, так как могут быть использованы при обосновании характеристик бортового комплекса управления перспективных КА.

Список используемых источников

1. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
2. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2009. – 280 с.

3. *Миронов В.И., Миронов Ю.В., Юсупов Р.М.* Синтез итерационных алгоритмов решения краевых задач и нелинейных уравнений // Изв. вузов. Приборостроение. – 2010. – Т. 53, № 1. – С. 9–15.
4. *Попов В.И.* Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
5. *Смирнов В.В.* Системы навигации и ориентации космических аппаратов. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. – 155 с.

А.В. Зубарев;
Д.А. Кретюк,
кандидат техн. наук;
Д.Н. Прищепа,
кандидат техн. наук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАТОРА ВМЕСТО ТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Изложен подход к определению технико-экономических показателей источника совместной выработки тепловой и электрической энергии (когенератора). Рассматривается существующая проблема отсутствия апробированных и достоверных методик определения экономической эффективности применения когенератора как альтернативы внешней системе электро- и теплоснабжения специальных объектов Министерства обороны.

Ключевые слова: энергосистема, когенератор, график нагрузки, коэффициент использования топлива, коэффициент полезного действия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит перевооружение ВС РФ. Этот процесс затрагивает все сферы жизнедеятельности Вооруженных сил и в целом способствует изменению облика большинства специальных объектов Министерства обороны (СО МО). В то же время в процессе перевооружения ВС РФ весьма актуальным является вопрос снижения финансовых затрат, и в частности снижение затрат на энергоснабжение.

Значительной составляющей финансовых расходов на эксплуатацию военного объекта при выполнении им задач по предназначению являются эксплуатационные расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ). Объем этих задач во многом определяется составом системы энергоснабжения объекта и закладывается на этапе проектирования. Существующие методики построения СЭС и ТЭО выбора варианта энергоснабжения СО МО (специального объекта Министерства обороны) [3] не учитывают технологических возможностей одновременной выработки тепловой и электрической энергии при помощи современных источников – когенераторов. Поэтому задача обоснования экономической целесообразности применения когенерационных установок сегодня как никогда актуальна.

Тема энергосбережения обсуждается на самом высоком уровне, доказательством тому служат проводимые межгосударственные форумы. Эти вопросы злободневны не только по экономическим соображениям, в условиях сложившегося мирового финансового кризиса, но и в связи с ростом угрозы экологических катастроф.

Энергосбережение, повышение энергетической эффективности, снижение удельного количества парниковых газов при производстве энергии – это предмет государственного регулирования [1].

Благодаря государственной поддержке [2] и бесспорной актуальности вопроса снижения финансовых затрат на рынке источников электрической и тепловой энергии существует достаточно большое количество как традиционных электрических и тепловых станций, так и абсолютно новых источников, использующих инновационные технологии и принципы выработки энергии. Причем дистрибьюторы, преследуя цели эффективной торговли, декларируют об огромной эффективности своих электростанций, подтверждая это примерами и расчетами. Необходимо заметить, что некоторые приводимые доказательства в виде расчетов и методик подтверждения экономической эффективности сомнительны. Например, бесспор-

ная, как утверждают реализаторы, экономическая эффективность когенераторов по сравнению с внешней электрической сетью подтверждается методикой с допущениями, которые реально накладывают требования (иногда невыполнимые) на потребителей энергии. Эти требования касаются графика энергопотребления. В частности, допускается, что объект потребляет постоянно одинаковое количество энергии в любой момент времени. Кроме того, тепловой и электрический коэффициенты полезного действия (КПД) принимаются равными номинальным значениям. В этом случае график электрической и тепловой нагрузки на объекте должен быть линейным и значение потребляемых энергий должно быть постоянным во времени, что маловероятно.

Принимается также, что вся энергия, выработанная когенератором, будет востребована потребителями тепловой энергии, что также возможно не на всех объектах.

Допущения, рассмотренные выше, не позволяют получить достоверный результат об экономической эффективности когенераторов.

Таким образом, допущение о постоянном значении КПД при определении экономической эффективности когенератора справедливо только в частных случаях. В данной статье предлагается более строго подходить к определению теплового и электрического коэффициентов полезного действия.

ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСТОЧНИКА СОВМЕСТНОЙ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В статье в качестве альтернативы внешней системе энергоснабжения рассматривается когенератор из-за его возможно высокой экономической эффективности.

Иногда из-за принципиально схожих алгоритмов функционирования теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и когенератора последние называют мини-ТЭЦ. Когенератор, так же как и ТЭЦ, использует энергию горения углеводородов, вырабатывает электрическую и тепловую энергию. Тепловая энергия вырабатывается посредством утилизации части оставшейся энергии горения углеводородов.

Экономическая эффективность применения когенератора (или мини-ТЭЦ) источника заключается в наличии зависимости суммарного коэффициента полезного действия от графиков потребления электрической и тепловой энергии. Другими словами, в одном случае применение когенератора вместо внешней системы энергоснабжения (СЭС) будет экономически целесообразно, а в другом, например при малой потребности в тепловой энергии, – применение источника совместной выработки будет необоснованно дороже внешней системы электроснабжения.

В статье предлагается методика определения коэффициента использования топлива с учетом потребительских свойств объекта. Под потребительскими свойствами объекта следует понимать способность экономически эффективно потреблять энергию, выработанную когенератором. Количество выработанной тепловой энергии зависит от количества потребленной электроэнергии, а количество потребленной тепловой энергии зависит от графика теплопотребления. Таким образом, максимальной эффективности работы когенератора можно достичь при его работе в эффективном режиме (на 70–80-процентную нагрузку), и при этом вся тепловая энергия должна быть востребована.

Существует несколько методик обоснования выбора когенератора в качестве основного источника энергии, эти методики предлагаются дистрибьюторами, реализующими такие источники энергии. Как уже было сказано, анализ таковых методик показал низкую достоверность полученного результата из-за предлагаемого в них ряда допущений. Все эти методики справедливы для статических экономических систем и для номинального режима работы автономного источника энергии. Как результат – снижение точности определения экономиче-

ской эффективности варианта энергоснабжения и иногда искажение результата выбора экономически целесообразного варианта СЭС.

Применение существующих подходов к выбору когенераторов как к известным дизель-генераторным установкам, но с большим коэффициентом полезного действия (до 85%) может привести к принятию ошибочного решения при выборе когенератора в качестве основного источника энергии. Это обуславливается тем, что производители таких источников невольно завышают их экономическую эффективность, умалчивая тот факт, что расчетный коэффициент полезного действия может значительно отличаться от эффективного.

Рассмотрим подход к определению КПД когенератора в зависимости от потребительских свойств объекта.

ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ КОГЕНЕРАТОРА

В качестве исходных данных используются графики потребления электрической и тепловой энергии. Коэффициент формы графиков нагрузок (характеризует отличие графика от прямой линии, параллельной оси времени) в первую очередь определяет величину удельного расхода топлива. Аппроксимировав график нагрузки, получим функцию вида

$$P(t) = ft^2 + jt + l, \quad (1)$$

где $P(t)$ – мгновенные значения потребляемой мощности;
 t – время;
 f, j, l – постоянные аппроксимации.

Определение КПД когенератора в зависимости от потребительских свойств объекта необходимо выполнять в следующей последовательности:

1. Известно, что удельный расход топлива G зависит от электрической нагрузки генератора, которая, в свою очередь, зависит от загруженности электрического генератора источника энергии, а загруженность генератора зависит от графиков энергопотребления.

Такая зависимость представлена графически на рис.1.

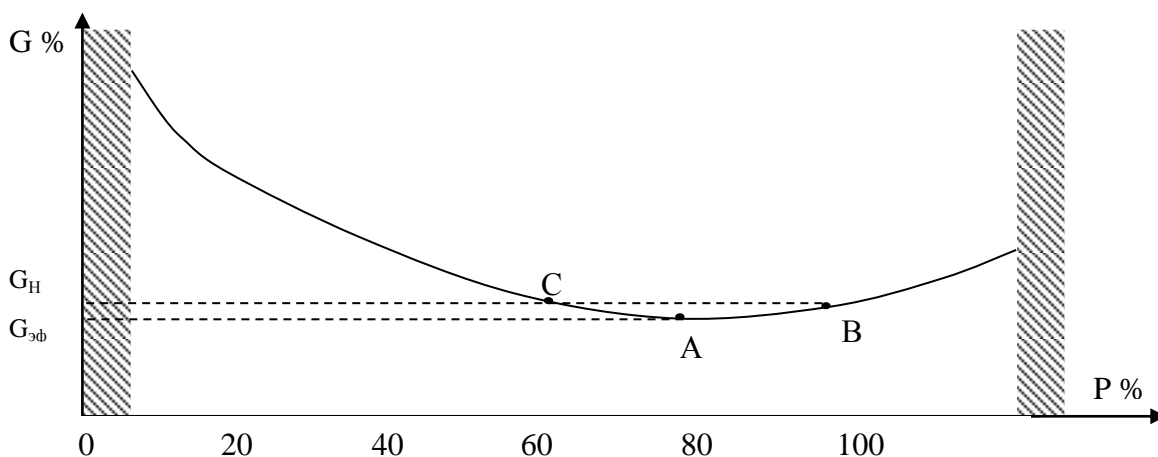



Рис. 1. Зависимость расхода топлива от загруженности генератора

На рисунке точка **А** соответствует эффективному режиму энергопотребления; точки **В** и **С** соответствуют номинальной расчетной нагрузке на валу генератора автономного источника; $P\%$ – электрическая мощность генератора источника или потребляемая электрическая мощность.

ность объекта;  – область отсутствия технической возможности работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

В точке А автономный источник потребляет минимальное количество топлива $G_{Тэф}$, соответствующее 80-процентной загрузке, т.е. наблюдается наиболее экономически эффективное использование источника. С учетом того, что график электропотребления имеет ступенчатый характер, загруженность генератора ($P\%$) изменяется, следовательно, и потребление топлива – это функция от времени. Зависимость можно представить в виде выражения, аппроксимировав график методом наименьших квадратов:

$$G(P(t)) = a(P(t))^2 + bP(t) + c, \quad (2)$$

где a, b, c – постоянные аппроксимации зависимости мгновенного расхода топлива от мгновенного значения потребляемой мощности $P(t)$ [%].

2. При сжигании топлива за весь рассматриваемый период оценки экономической эффективности применения источника совместной выработки энергии (T) в количестве $G(P(t))$ можно определить зависимость выработанной источником энергии от потребляемой мощности $W(G(P))$. Так как электрическая мощность рассматривается как непрерывная функция от времени, то и полученная энергия будет зависеть от времени:

$$W(P(t)) = g \int_0^T (a(P(t))^2 + bP(t) + c) dt, \quad (3)$$

где g – количество энергии, полученное при сжигании одной единицы топлива, Вт/гр;

T – расчетный период работы когенератора.

Значение g вычисляется через высшую теплотворную способность сжигаемого в ДВС топлива. Величина g зависит от вида топлива и его начальной температуры.

3. При эффективной электрической нагрузке на валу генератора $P_{Ээф}$ будет израсходовано $W_{Эф}$ энергии, полученной при сжигании топлива количеством $G_{Эф}$ (соответствует удельному расходу топлива точка А на графике, изображенном на рис. 1). В этом случае

$$W_{Эф} = g \int_0^T (a(P_{Ээф})^2 + bP_{Ээф} + c) dt. \quad (4)$$

Так как $P_{Ээф}$ – величина постоянная (приведена в паспорте на источник энергии), то выражение (4) примет следующий вид:

$$W_{Эф} = T \cdot g \cdot P_{Ээф}. \quad (5)$$

В этом случае справедливо утверждение, что данному количеству энергии соответствует эффективный электрический коэффициент полезного действия $\eta_{Ээф}$, а реальному значению коэффициента полезного действия $\eta_{э}(P(t))$ соответствует энергия, полученная при работе источника на рассматриваемый график электрической нагрузки $P(t)$. При увеличении или уменьшении значения потребляемой мощности электрический КПД будет пропорционально уменьшаться. В этом случае для определения реального значения электрического КПД источника энергии справедливо выражение

$$\eta_{э}(P(t)) = \frac{\int_0^T P(t) dt}{W(P(t))}, \quad (6)$$

где $W(P(t))$ – энергия горения углеводородов в ДВС с учетом уникальности режима электропотребления (графика электропотребления);

$\int_0^T P(t)dt$ – полезная энергия или потребляемая электроэнергия, соответствующая графику электрической нагрузки.

4. Подставив в уравнение (6) выражения (3) и (5), получим:

$$\eta_{\Sigma}(P(t)) = \frac{\int_0^T (ft^2 + jt + l)dt}{g \int_0^T (a(P(t))^2 + bP(t) + c)dt}. \quad (7)$$

5. Суммарный полезный КПД когенератора (определяется исходя из отношения суммы полезных энергий на покрытие тепловых и электрических нужд потребителя к полной энергии горения потребляемого топлива) равен $\sum \eta$ и может быть взят из паспорта на когенератор по его номинальным значениям. Механические потери на валу генератора не зависят от графика загрузки (зависят от конструктивного исполнения самого генератора). Исходя из этих двух фактов, справедливы следующие выражения:

$$\sum \eta = \eta_{\Sigma} + \eta_{\Gamma} = \text{const}, \quad (8)$$

где η_{Σ} – номинальный электрический КПД когенератора;

η_{Γ} – номинальный тепловой КПД когенератора.

Суммарный КПД когенератора всегда постоянен, т. е. при снижении эффективности выработки электроэнергии (отношение вырабатываемой электроэнергии к полной энергии сгораемого в ДВС топлива) увеличивается количество вырабатываемой тепловой энергии (повышается тепловой КПД). Отсюда получаем:

$$\eta_{\Gamma}(P(t)) = \sum \eta - \frac{\int_0^T (ft^2 + jt + l)dt}{g \int_0^T (a(P(t))^2 + bP(t) + c)dt}. \quad (9)$$

6. Табличные значения изменяемой во времени мощности необходимо преобразовать в непрерывную функцию, для этого, как было сказано в п.1, необходимо выполнить аппроксимацию. Практически при апробации предлагаемого подхода при проведении диссертационных исследований было определено, что степень аппроксимации необходимо брать достаточно большую и четной степени (график нагрузки представляет собой соединенные параболы вида $ax^2 + vx + c$). График электрической нагрузки достаточно аппроксимировать многочленом 20-й степени, среднеквадратическое отклонение (ошибка) при этом составляет не более 2,1%.

Таким образом, определив значения электрического КПД, с учетом электропотребления объекта можно спрогнозировать затраты на топливо, которые составляют основную составляющую эксплуатационных затрат. Данный коэффициент практически никогда не соответствует номинальному режиму энергопотребления, поэтому он будет меньше прописанного в паспорте. К тому же исходя из выражения (8) следует, что найденный в (9) тепловой коэффициент полезного действия при снижении $\eta_{\Sigma}(P(t))$ будет пропорционально увеличиваться. Из этого следует, что необходимо пересматривать возможный экономический эффект от использования источника энергии с большим, чем заявлено в паспортных данных, значением вырабатываемой тепловой мощностью. Количество тепловой мощности $Q(t)$ определяется выражением

$$Q(P(t)) = \frac{P_n \cdot \eta_{\Gamma}(P(t))}{\eta_{\Sigma}(P(t))}. \quad (10)$$

Выражение (10) характеризует всё количество тепловой энергии, выработанной когенератором и работающей на покрытие электрических нужд потребителя. Это выражение справедливо при условии потребления всей выработанной тепловой энергии, что не всегда возможно. Если выработанная тепловая энергия будет востребована частично, то и эффективность когенератора понизится, т. е. термин суммарного КПД будет уже неприменим. Необходимо ввести термин потребительского КПД ($\sum \eta_{\text{п}}$), который будет определяться исходя из того, что суммарная полезная энергия уменьшится на невостребованную потребителем тепловую энергию:

$$\sum \eta_{\text{п}} = \sum \eta - \eta_r \left(P(t) - \frac{\int_0^T (kt^2 + rt + m) dt}{g \int_0^T (a(P(t))^2 + bP(t) + c) dt} \right), \quad (11)$$

где $\int_0^T (kt^2 + rt + m) dt$ – количество тепловой энергии, выработанное когенератором и востребованное потребителем тепловой энергии;
 k, r, m – постоянные аппроксимации графика потребления тепловой энергии.

Выводы. После уточнения значений электрического и теплового КПД когенератора возможно доказать или опровергнуть целесообразность использования когенерационной приставки.

Подход к определению электрического (7) и суммарного (11) коэффициентов полезного действия позволит спрогнозировать (рассчитать) эксплуатационные затраты более точно.

Повышение точности технико-экономических расчетов даст возможность определить экономическую эффективность применения когенератора в конкретных условиях потребителя энергии.

Список используемых источников

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон № 261 от 23 ноября 2009 г. [Принят Государственной Думой 11 ноября 2009 г.]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 15.05.2016).
2. О региональной программе Санкт-Петербурга в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 27 июля 2010 г. № 930. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cqi/onlaine.cqi?red=hom#doc/SPB/101263/4294967295/0> (дата обращения: 26.04.2016).
3. Сухарь Г.А. Автономное или централизованное электроснабжение // Новости электротехники. – 2006. – №2.
4. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий. – М., 1983. – 304 с.

Д.А. Кретюк,
кандидат техн. наук;
А.В. Прилуцкий;
Д.Н. Прищепа,
кандидат техн. наук

ПОДХОД К ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБЪЕКТА МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Изложен подход к решению задачи выбора варианта реконструкции системы энергоснабжения территориально обособленного специального объекта Министерства обороны. В качестве вариантов предлагается рассмотреть энергоснабжение от городских инженерных сетей (первый вариант) и от перспективного автономного источника электрической и тепловой энергии – когенератора (второй вариант).

Рассматривается проблема сокращения финансовых вложений в реконструкцию существующих или создание новых систем энергоснабжения специальных объектов с учетом всех финансовых затрат, и в том числе реновации оборудования, выработавшего свой ресурс.

Ключевые слова: энергосистема, совместная выработка тепловой и электрической энергии, когенератор, разработка системы энергоснабжения объекта, единовременные капитальные финансовые затраты, эксплуатационные финансовые вложения, технико-экономическое обоснование, реконструкция специального объекта Министерства обороны.

ВВЕДЕНИЕ

Происходящее в настоящее время перевооружение Вооруженных сил Российской Федерации (ВС РФ) – это процесс, который затрагивает все сферы жизнедеятельности ВС РФ, и в целом способствует изменению облика большинства специальных объектов Министерства обороны (СО МО). В частности, уменьшаются геометрические размеры специального вооружения и военной техники (ВиВТ) и их энергопотребление, а следовательно, необходимость в существующем объеме инфраструктуры (протяженные линии электропередач с большой пропускной способностью, мощные трансформаторные подстанции, автономные источники энергии, распределительные пункты и т. п.) исчезает. В такой ситуации требуется принять решения о выборе варианта структуры системы энергоснабжения (СЭС). В качестве вариантов обеспечения СО МО энергией предлагается рассматривать традиционное энергоснабжение СО МО от внешней сети – первый вариант, а в качестве второго – автономное энергоснабжение от когенератора. Решение о выборе одного из вариантов должно подтверждаться технико-экономическим обоснованием.

Традиционное обеспечение объекта энергией характеризуется меньшими единовременными капитальными затратами, что часто является основополагающим фактором, влияющим на выбор традиционного энергоснабжения объекта. В этом случае второй вариант не рассматривается, так как единовременные капитальные вложения для его реализации значительно выше допустимых капитальных затрат K_{Σ} [1]. Но лица, принимающие такое решение, не учитывают ряд факторов, описанных ниже. Они считают, что в любом случае реализация энергоснабжения по первому варианту будет экономически целесообразней [предполагается, что необходимо только подключение новых потребителей электрической и тепловой энергии, наладка и приемосдаточные испытания реконструируемой системы энергоснабжения (СЭС)]. Однако такое заключение может быть преждевременным по ряду причин.

Во-первых, большинство существующих объектов создавались в 60–80-х годах прошлого века, т. е. ресурс инфраструктуры энергосистемы уже израсходован, следовательно, для бесперебойного энергоснабжения требуется дорогостоящий ремонт. А так как существующая энергосистема значительно больше необходимой новому вооружению, то и эксплуатационные затраты C_I на поддержание в работоспособном состоянии существующей системы энергоснабжения могут быть необоснованно высокими.

Во-вторых, эксплуатацией большей части системы энергоснабжения СО МО занимаются внешние гражданские организации, которые на основании государственных контрактов получают за это финансовое вознаграждение. Бесспорно, затраты на эксплуатацию выработавшей свой ресурс системы энергоснабжения будут больше, чем эксплуатация новой системы, которая к тому же будет находиться минимум на трехлетнем гарантированном обслуживании (ремонта не требует). Если же учесть, что новая система энергоснабжения будет рассчитана на меньшие потребляемые мощности, то и эксплуатационные затраты уменьшатся.

Как правило, вариант обеспечения объекта энергией от когенератора (по второму варианту) не рассматривается, доказательством этому служит отсутствие объектов МО, использующих когенератор в качестве основного источника энергии. В то же время существует достаточное количество негосударственных объектов, обеспеченных энергией по второму варианту. Решение выбора такого варианта энергоснабжения экономически обоснованно и подтверждено в процессе функционирования.

В качестве альтернативы традиционной системы энергоснабжения вариант с когенерацией выбирается по следующим соображениям. Во-первых, когенератор – это источник совместной выработки электрической и тепловой энергии, который при определенных режимах энергопотребления характеризуется коэффициентом полезного действия до 92 %. Во-вторых, согласно федеральному закону [4] и правительственным программам рекомендуется применение энергосберегающих технологий в целом и когенераторов в частности. В-третьих, применение когенератора в качестве основного источника может дать значительный экономический эффект при сокращении эксплуатационных затрат на потребление энергии (в частных случаях доказано, что производство единицы энергии при использовании когенератора, подключенного к сетевому газопроводу, значительно ниже стоимости электроэнергии от внешней электросети). Необходимо заметить, что на достоверность такого утверждения значительно влияет не только стоимость автономного источника, но и его моторесурс, стоимость энергоносителя и эффективность потребления тепловой и электрической энергий, поэтому выбору такого варианта энергоснабжения должен предшествовать детальный технико-экономический расчет.

Для проведения технико-экономического обоснования (ТЭО) вариантов энергоснабжения (либо отдельного тепло- и электроснабжения) объектов существует несколько методических подходов. Они основываются на сравнении приведенных затрат, определении срока окупаемости как для статических, так и для статически-динамических экономических систем. Данные подходы универсальны, как следствие, имеют ряд допущений, которые влияют на точность экономических вычислений в целом и в частном могут привести к ошибке при принятии решения о выборе наиболее целесообразного варианта энергоснабжения. К тому же некоторые утвержденные подходы не применимы для военных объектов (поскольку отсутствуют такие исходные данные, как прибыль от производства, прирост национального дохода, производительность труда и т. п.).

Таким образом, задача разработки подхода для определения наиболее экономичного варианта реконструкции системы энергоснабжения весьма актуальна.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ

При выборе варианта энергоснабжения СО МО на стадии П (предпроектные разработки) производятся технико-экономические расчеты. При этом используются различные частные методики, производные от метода приведенных затрат [1] и [5], метода срока окупаемости [2] и [3]. Методики имеют ряд недостатков, снижающих достоверность полученных результатов либо определяющих невозможность их применения для СО МО. Вероятно, что снижение точности определения экономической эффективности варианта энергоснабжения может привести к искажению результата выбора экономически целесообразного варианта СЭС.

Рассмотрим методику приведенных затрат и срока окупаемости. В официальных методиках [1], [5] для оптимизационных задач на сравнительную эффективность капиталовложений обычно используется формула *приведенных затрат*:

$$Z = (E_n K + C) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где K, C – капиталовложения и эксплуатационные затраты соответственно;

E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капиталовложений (норматив эффективности).

Согласно [1] предложено допущение, что коэффициент E_n – величина постоянная для всех отраслей народного хозяйства. Предполагаем, что такое допущение могло быть справедливым для статической системы, каковой с большой долей вероятности можно считать экономическую систему СССР. Основоположителем технико-экономических расчетов электроэнергетических систем Д.А. Арзамасцевым доказано, что принятие такого допущения ($E_n = \text{const}$) ошибочно. Он писал: «Для получения правильных результатов по формуле (3.1)¹ очень важно знать истинное значение E_n , в противном случае могут быть грубые ошибки, искажающие оптимизацию. ... чем больше K_Σ , тем меньше E_n в настоящее время E_n задается директивно на основе экспертных оценок специалистов. Поэтому точность используемого значения E_n не гарантирована. Однако ошибка в значении E_n может привести (не исключено, что приводит) к значительному ущербу для всего народного хозяйства» [2].

Для разных сфер народного хозяйства в [1] предложены модели определения норматива эффективности, и в основном данный коэффициент задается директивно на основании экспертных оценок специалистов, поэтому сделать достоверное заключение о точности полученных результатов, как описано в трудах Д.А. Арзамасцева, невозможно.

Как известно из [2], коэффициент E_n – это пороговая эффективность капиталовложений. Величина, обратная нормативу эффективности, – нормативный срок окупаемости, который для энергетических систем принято [2] приравнять к восьми годам. Другими словами, нормативный срок окупаемости T_n – это фактически максимальный срок, за который прибыль должна превысить все финансовые вложения и издержки. Согласно [2] утверждение о том, что «значение T_n определено на основании экспертной оценки для традиционной² энергосистемы страны или города» является верным.

Большинство традиционных энергосистем характеризуются примерно одинаковым соотношением количества и стоимостей основных составных частей СЭС (линии электропередач, силовые трансформаторные подстанции, распределительные пункты, источники электроэнергии) к их сроку службы. Следовательно, использование в ТЭР принятых значений коэффициентов E_n и T_n для энергосистемы, существенно отличающейся от традиционной СЭС, может привести к искажению полученного результата.

¹ Формула (3.1), представленная в источнике [2], соответствует выражению (1) настоящей статьи.

² Традиционная система энергоснабжения – распространенный способ обеспечения потребителя тепловой и электрической энергией, т. е. от внешней СЭС.

Таким образом, применение формулы приведенных затрат или срока окупаемости для определения целесообразности применения СЭС с когенератором невозможно по причине неопределенности коэффициентов E_n и T_n для такой системы энергоснабжения.

Рассмотрим уточненный метод срока окупаемости. В источнике [2] предложен подробный анализ метода срока окупаемости (2) и метода срока окупаемости (3). Согласно источникам [2], [3] для повышения точности ТЭО выбора одного из множества вариантов энергоснабжения объекта предложено *уточнить метод срока окупаемости*. Результаты адаптированы для электроэнергетических систем доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки и техники, почетным энергетиком СССР Д.А. Арзамасцевым и доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки и техники А.К. Михайловым для гражданских и военных объектов соответственно. Метод срока окупаемости апробирован и является основой многих частных методик проведения ТЭО различными энергетическими компаниями. Адаптированные для электроэнергетических систем приведенные затраты имеют вид:

$$Z = (K + T_n \cdot C) \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$Z = (E_n \cdot K + C) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где Z – приведенные затраты;
 K – единовременные капиталовложения;
 C – годовые себестоимости.

В трудах профессора Д.А. Арзамасцева предложено уточнить формулу срока окупаемости и приведенных затрат путем введения таких составляющих, как нормативный коэффициент приведения E_{np} , коэффициент прироста за счет повышения производительности труда p , ежегодные (кроме последнего года функционирования объекта) амортизационные отчисления в фонд национального дохода (аналог амортизации на реновацию), нормативный коэффициент эффективности по издержкам производства E , экономический эффект, обусловленный оптимальностью плана распределения ресурсов.

Таким образом, выражения (2) и (3) были преобразованы:

– для статической во времени системы в выражение

$$Z_{ст} = E_n K + C \sum_{t=1}^T (1 + E_{np})^{t-1} \rightarrow \min; \quad (4)$$

– для полудинамической системы в выражение

$$Z_{пд} = \sum_{t=0}^r [E_n K_t + (1 + p)\delta I_t](1 + p)^{-t}, \quad (5)$$

где $Z_{ст}$ – приведенные затраты для статической экономической системы (издержки производства одинаковы для всего времени эксплуатации системы энергоснабжения и равны издержкам первого года эксплуатации);
 $Z_{пд}$ – приведенные затраты для полудинамической экономической системы (приведенные издержки производства одинаковы для всего времени эксплуатации системы энергоснабжения);
 δI_t – годовой прирост издержек производства;
 E_{np} – нормативный коэффициент приведения, учитывающий неравномерность накоплений в фонд реновационных отчислений во времени;
 p – коэффициент прироста за счет повышения производительности труда;
 r – предпоследний год эксплуатации объекта (соответствует последнему году отчислений на амортизацию и на реновацию).

Для систем энергоснабжения предлагаются утвержденные методики [2], [3] проведения ТЭО выбора варианта энергоснабжения, однако данные методики предложены для объектов, которым присущи понятие прибыли от реализации некоего продукта производства, коэффициенты прироста за счет производительности труда, национальный доход и пр. Другими сло-

вами, в этих методиках предложено рассматривать возможные варианты энергоснабжения как часть целой энергетической системы страны. Это, безусловно, делает методики [2], [3] универсальными, но в то же время использование этих методик при ТЭО варианта энергоснабжения СО МО от когенератора обязывает вводить понятия прибыли и производительности труда, что для военных объектов крайне затруднительно.

Таким образом, для военных объектов требуется упрощение методики ТЭО выбора варианта энергоснабжения, т. е. исключение (замена) при вычислениях параметров, определяющих прибыль производства.

Рассмотрим методику суммарного расчетного коэффициента годовых отчислений. В данном подходе [11] предложено использовать вместо норматива эффективности (коэффициент E_n) сумму коэффициентов, определяющих нормативный коэффициент эффективности капиталовложений p_n , отчисления на реновацию a_p , капитальный a_k и текущий ремонт $a_{тр}$:

$$Z = (p_n + a_p + a_{кр} + a_{тр})K + C_n, \quad (6)$$

где Z – суммарные годовые приведенные затраты;

K – начальные капитальные вложения (или единовременные капитальные затраты);

C_n – ежегодные расходы на эксплуатацию.

Рекомендованные значения указанных коэффициентов приведены в источнике [11] (приложение 59). Эти коэффициенты выражены в относительных единицах и определены относительно суммарных капитальных затрат на составные части системы электроснабжения.

Необходимо обратить внимание на то, что значение суммы коэффициентов, определяющих нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (согласно приложению 59 [11]) для разных элементов системы электроснабжения предлагается принимать равной от 0,16 до 0,1925, что больше общепринятого значения норматива эффективности ($E_n=0,125$) на 28 и 54 % соответственно. Этот факт подтверждает необходимость обоснования (расчета) значений коэффициентов, позволяющих суммировать единовременные капитальные и годовые эксплуатационные затраты (6).

Данный подход имеет три недостатка.

1. Значения коэффициентов определены методом экспертных оценок на основании опыта эксплуатации для усредненных технико-экономических показателей (стоимость и срок службы или моторесурс) составных частей системы электроснабжения, что может исказить результат ТЭР.

2. Авторы [11] ссылаются на значения коэффициентов, определенные в 1983–1987 годах. В настоящий момент с учетом технического прогресса срок службы и стоимость составных частей системы электроснабжения изменились (цены на энергоносители, на логистические услуги и расценки на рынке труда претерпели значительные изменения), следовательно, использование значений коэффициентов, принятых в [11], может повлиять на результат ТЭО выбора варианта энергоснабжения объекта.

3. Наполнение таблицы с коэффициентами, определяющими затраты в процессе эксплуатации системы электроснабжения, не позволяет применить этот методический подход к оценке варианта энергоснабжения СО МО от когенератора. В таблице отображены коэффициенты для основных элементов системы электроснабжения, а коэффициенты для системы энергоснабжения, т. е. для элементов системы теплоснабжения и источника совместной выработки электрической и тепловой энергии, отсутствуют.

Таким образом, использование такого подхода без дополнения приложения 59, приведенного в [11], невозможно.

Рассмотрим частные методики проведения ТЭО применения когенератора в качестве основного источника энергии. Существуют несколько методик обоснования выбора когенератора в качестве основного источника энергии, эти методики предлагаются дистрибьюторами, реализующими такие источники энергии. Анализ таковых методик показал низкую досто-

верность полученного результата из-за предлагаемого в них ряда допущений. Все эти методики справедливы для статических экономических систем и для номинального режима работы автономного источника энергии. Как результат – снижение точности определения экономической эффективности варианта энергоснабжения и иногда искажение результата выбора экономически целесообразного варианта СЭС.

В таких методиках приняты допущения, позволяющие завязать экономическую эффективность применения когенератора, а именно:

– предполагается, что вся тепловая энергия, которая вырабатывается когенератором, используется потребителем, что маловероятно для любого объекта;

– при определении затрат на топливо предполагается, что двигатель внутреннего сгорания работает на номинальную электрическую нагрузку. Это справедливо только при постоянной электрической нагрузке, что для СО МО не характерно.

Общими выводами анализа существующих методик можно считать следующие:

1. Использование утвержденных значений коэффициентов E_n , T_n , p_n , a_p , a_k , $a_{тр}$ при ТЭО выбора варианта энергоснабжения от источника совместной выработки тепловой и электрической энергии недопустимо.

2. При определении приведенных затрат варианта энергоснабжения от когенератора необходимо учитывать особенности режимов энергопотребления или возможность работы источника в эффективном режиме топливопотребления (ступенчатость графиков энергопотребления и их сочетание).

3. Амортизационные отчисления на реновацию должны учитываться при определении суммарных финансовых затрат на весь срок эксплуатации объекта, за исключением последнего цикла восстановления (реновации) оборудования СЭС, т. е. необходимо определить понятие цикла реновации, порядок его расчета и срок эксплуатации СО МО.

Таким образом, принятию решения о реконструкции или создании новой системы энергоснабжения рассматриваемого СО МО должно предшествовать подробное технико-экономическое обоснование выбора экономически целесообразного варианта энергоснабжения. В ТЭО необходимо учесть то, что амортизационные издержки зависят от одновременных капитальных затрат и моторесурса каждого элемента системы энергоснабжения. Такой подход в частном уточнит нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капиталовложений E_n , определит и уточнит порядок расчета амортизационных отчислений, позволит упростить методику [2], исключив нехарактерные для СО МО понятия прибыли, национального дохода и пр., и в целом положительно повлияет на точность результата ТЭР.

ПОДХОД К ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ВАРИАНТА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) выбранного варианта обеспечения объекта энергией с учетом эксплуатационных и одновременных капитальных затрат заключается в определении финансовых затрат для каждого варианта и выборе наименее затратного. Для большей достоверности расчетов необходимо определить период функционирования СО МО, учесть стратегию развития ВС РФ в части, касающейся изменения качества и количества военных специалистов энергетиков, и использовать существующие методики ценообразования товаров и услуг с учетом прогнозируемых индексов инфляции и коэффициента дефлятора.

Такая комплексная задача является достаточно сложной, и результат решения может иметь большую погрешность по следующим причинам. Во-первых, рост цен на энергоносители спрогнозировать крайне сложно. По законам рыночных отношений рост цен на энергоносители зависит от многих случайных событий и факторов, а именно от инфляции, военно-

политической обстановки, настроения на рынке энергоносителей. Во-вторых, в связи с задачей в безвозмездное пользование основного электротехнического оборудования, отвечающего за производство, преобразование и передачу электроэнергии, различным негосударственным организациям (например, ОАО «ОборонЭнерго») управление и контроль за эксплуатацией оборудования со стороны МО не производится и не может производиться с юридической точки зрения. Соответственно, планово-предупредительное обслуживание и ремонт (ранее проводилось согласно приказу командующего КВ №180) элементов системы электроснабжения могут осуществляться не должным образом, а значит спрогнозировать затраты на капитальный ремонт $a_{кр}$ достаточно сложно. К сведению – капитальный ремонт, согласно [5] государственному контракту (7ЭХ) между «ОборонЭнерго» и МО, финансируется Министерством обороны РФ.

Для решения вышестоящей задачи необходимо выполнить следующее:

1. Отказаться от сравнения приведенных годовых затрат, которые являются критерием выбора наиболее экономичного варианта. В качестве показателя, позволяющего в дальнейшем произвести ТЭО, предлагается выбрать суммарные финансовые затраты на реализацию и функционирование рассматриваемого варианта энергоснабжения S за весь срок эксплуатации объекта $T_{сл}$.

Фактически предлагается определить финансовые затраты за весь срок эксплуатации СО МО, для этого необходимо годовые приведенные затраты Z (6) заменить на планируемые финансовые вложения в систему энергоснабжения на всех этапах жизненного цикла объекта. Затем математически сравнить полученную сумму финансовых вложений для каждого из m вариантов.

При такой замене можно с некоторым допущением утверждать достоверность тождеств:

$$S = Z \cdot T_{сл}; \quad (7)$$

$$K = E_n \cdot K \cdot T_n; \quad (8)$$

$$S_m = K_m + \sum_{t=1}^{T_{сл}} C_{гm_t}, \quad (9)$$

где $C_{г}$ – годовые финансовые затраты;

K_m – единовременные капитальные затраты;

t – номер года эксплуатации;

m – номер сравниваемого варианта энергоснабжения СО МО.

Такой подход к ТЭО выбора варианта энергоснабжения позволит более точно прогнозировать величину годовых финансовых затрат в течение всего срока службы объекта, т. е. предлагаемый подход позволит выполнять расчеты для динамической экономической системы. Это позволит повысить точность технико-экономических расчетов и снизить вероятность ошибки при выборе экономически обоснованного варианта энергоснабжения.

2. Дополнить приложение 59 [11] коэффициентами $a_{кр}$ и $a_{тр}$ для всех элементов системы энергоснабжения с использованием в качестве источника энергий когенератора. Необходимо на основании данных заводов-производителей составных частей энергосистемы определить межремонтные циклы и стоимости (объемы) ремонтов. Данные дополненной таблицы (приложение 59 в [11]) в дальнейшем можно использовать для внесения правки в государственный контракт [6] с целью обоснования ценообразования на ремонты в частности и эксплуатацию СЭС в целом.

Значение срока службы объекта в рассматриваемых методиках было определено нормативным сроком окупаемости T_n , фактически максимальным сроком, за который прибыль должна превысить все финансовые вложения и издержки. Такое допущение в методике определения срока окупаемости сделано для упрощения расчетов. Предлагается определять срок службы объекта исходя из технического задания на проектирование СО МО либо при отсутствии таких данных принимать за срок службы СО МО технический ресурс капиталь-

ных строений. Определить технический ресурс зданий возможно с помощью нормативного документа [12].

В итоге определено, что затраты за весь срок эксплуатации СО МО S_m будут суммироваться из единовременных капитальных финансовых вложений K (на изыскательские и проектные работы, на закупку, монтаж, наладку и испытание оборудования системы электроснабжения), суммы финансовых затрат на ремонты $\sum_{i=1}^n ((a_{кр_i} + a_{тр_i}) \cdot K_{m_i})$ за весь срок эксплуатации объекта, суммы ежегодных амортизационных отчислений $\sum_{i=1}^n a_i \cdot T_A$ за время этих отчислений T_A и суммы оставшихся эксплуатационных издержек также за весь срок эксплуатации объекта. Таким образом, выражение (9) примет вид

$$S_m = K_m + \sum_{i=1}^n ((a_{кр_i} + a_{тр_i}) \cdot K_{m_i}) \cdot T_{сл} + \sum_{i=1}^n a_i \cdot T_A + I_m \cdot T_{сл}, \quad (10)$$

где i – некоторое техническое устройство системы энергоснабжения;
 n – количество i -х технических устройств в m -м варианте системы энергоснабжения СО МО;
 I_m – эксплуатационные издержки на m -й рассматриваемый вариант энергоснабжения СО МО, связанные с затратами на энергоносители, текущую эксплуатацию, заработную плату обслуживающему персоналу (необходимо учитывать, так как для разных вариантов энергоснабжения требуется разное количество технических систем, а следовательно, и обслуживающего персонала), налогами на заработную плату, утилизацию и прочие расходы

В нашем случае требуется пояснение амортизационных отчислений на реновацию.

Как известно, под реновацией следует понимать полное восстановление i -го технического устройства по истечении его срока службы или моторесурса M_i .

Цель амортизационных отчислений – подготовить (накопить) финансовые средства, равные единовременным капитальным вложениям K_i и необходимые для полного восстановления i -го технического устройства. Таким образом, годовые амортизационные отчисления можно определить из выражения

$$a_i = K_m / M_i. \quad (11)$$

Исходя из определения цели амортизационных отчислений, можно заключить, что делать такие отчисления целесообразно в течение всего срока эксплуатации системы энергоснабжения за исключением последнего цикла амортизационных отчислений или времени T_A .

Под циклом амортизационных отчислений следует понимать срок службы i -го технического устройства, входящего в состав системы энергоснабжения. Восстанавливать ресурс перед окончанием функционирования объекта бессмысленно.

В источнике [2] предложено учитывать амортизационные отчисления в течение всего времени эксплуатации системы электроснабжения за исключением последнего года:

$$T_A = T_{сл} - 1, \quad (12)$$

однако считаем, что это допущение не допустимо при расчете финансовых затрат на автономную систему энергоснабжения. Докажем это на примере.

Допустим, имеется некий специальный военный объект ограниченной мощности, обеспечение его энергией планируется от автономного источника. Основным элементом системы энергоснабжения – это автономный источник стоимостью один миллион рублей и со сроком службы четыре года ($M_1=4$), остальные элементы СЭС значительно меньшей стоимости, для упрощения примера ими можно пренебречь. Срок службы объекта 20 лет (на весь срок требуется 5 источников). В этом случае согласно [2] мы будем делать амортизационные отчисления в течение 19 лет и в размере 250 тыс. рублей в год. В итоге в конце срока службы

объекта мы будем иметь 750 тыс. рублей на покупку автономного источника, в котором нет необходимости. Не сложно подсчитать, что такой подход к определению амортизационных отчислений приведет к ошибке вычислений, равной 15%.

Возможно, такое допущение справедливо при сравнении вариантов обеспечения объекта электроэнергией принципиально не отличающихся друг от друга, но не в рассматриваемом случае.

Предлагаем, в качестве цикла амортизационных отчислений для i -го технического устройства (системы) принимать его срок службы или моторесурс M_i , в этом случае выражение (10) примет вид

$$S_m = K_m + \sum_{i=1}^n ((a_{кр_i} + a_{тр_i}) \cdot K_{m_i}) \cdot T_{сл} + \frac{(T_{сл} - M_i) K_{m_i}}{M_i} + I_m \cdot T_{сл}. \quad (13)$$

При определении амортизационных отчислений следует сравнить моторесурс всех элементов системы энергоснабжения и срок службы объекта. Если первое больше второго, то учитывать амортизацию этого элемента при определении суммарных финансовых затрат не нужно, в противном случае результат будет неверным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ существующих подходов выполнения ТЭО для систем электроснабжения, определены их недостатки, предложен подход проведения технико-экономического обоснования выбора варианта энергоснабжения для СО МО.

Выражение (13) позволит определить величину затрат на каждый из рассматриваемых вариантов энергоснабжения специального военного объекта, при функционировании которого понятие прибыли и продукта производства отсутствует.

Уточнение вычисления амортизационных отчислений позволит значительно увеличить точность ТЭР для варианта энергоснабжения объекта от автономного источника энергии.

Уточнение понятия срока службы объекта позволит обосновать выбор оборудования. При выборе оборудования появляется еще один критерий – моторесурс (применение оборудования со сроком службы более срока службы объекта экономически не обосновано).

Список используемых источников

1. *Новожиллов В.В.* Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. – М.: Экономика, 1967. – 376 с.
2. *Арзамасцев Д.А., Липес А.В., Мызин А.Л.* Модели оптимизации развития энергосистем: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 272 с.
3. *Сухарь Г.А.* Техничко-экономические показатели в энергетике: справочник военного инженера-энергетика. – МО РФ, 2001. – Разд. 1: Общие сведения, гл. 2. – 370 с.
4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон №261 от 23 ноября 2009 г. [Принят Государственной Думой 11 ноября 2009 г.]. – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 15.05.2016).
5. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в развитие энергетического хозяйства (генерирование, передача и распределение электрической и тепловой энергии). – М.: Энергия, 1973.
6. Государственный контракт №7ЭХ на оказание услуг в 2015–2018 годах по обслуживанию объектов электросетевого хозяйства МО РФ. – М., 2015.
7. *Рогалев Н.Д.* Экономика энергетики: учеб. пособие – М.: МЭИ, 2005. – 288 с.

8. *Баканов М.И., Шеремет А.Д.* Теория экономического анализа: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 246 с.
9. *Андреев Л.С.* Методы экономической эффективности инвестиционных проектов в составе бизнес-плана и новой техники в строительстве: учеб. пособие. – СПб.: ВИТУ МО РФ 2000. – 160 с.
10. *Арзамасцев Д.А.* Введение в многоцелевую оптимизацию энергосистем. – Свердловск: УПИ, 1983. – 86 с.
11. *Карагодин В.В.* Проектирование систем электроснабжения зданий и сооружений объектов МО: учеб.-метод. пособие / сост.: В.В. Карагодин, Н.Е. Пешехонов.– СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. – 252 с.
12. ГОСТ Р 54257 – 2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. – М.: Стандартформ, 2011.

Н.Е. Пешехонов,
кандидат техн. наук, доцент;
В.В. Рыбаков,
кандидат техн. наук

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В настоящее время в связи с перевооружением и развитием инфраструктуры объектов МО РФ в области энергетики актуальным становится решение проблемы обоснования вида основного источника электроснабжения. При этом принимаемые решения должны способствовать сокращению финансовых затрат на строительство и эксплуатацию объектов МО РФ. В работе представлен подход к выбору вида основного источника электроснабжения, позволяющий выбрать вариант электроснабжения объекта с наименьшими приведенными затратами.

Ключевые слова: электроснабжение, энергосистема, автономный источник электроснабжения, технико-экономическое обоснование, укрупненные сметные нормы, годовые приведенные затраты.

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение задач объектами Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ) связано, как правило, с протеканием сложных, многоуровневых технологических процессов. Все они в той или иной степени связаны с использованием и преобразованием электрической энергии. Дорогое, наукоемкое оборудование, а также возможное снижение боевой готовности вследствие его отказа определяют более высокие требования к построению обеспечивающих их систем электроснабжения.

Объекты МО РФ и относящаяся к ним инфраструктура в большинстве своем располагаются в отдаленных географических локациях и зачастую в суровых климатических зонах. Обусловлено это повышенными требованиями к живучести, скрытности, оперативности, а также прямым назначением того или иного объекта. Построение системы централизованного электроснабжения в этом случае имеет очень сложный и специфичный характер. В первую очередь – это большая протяженность линий электропередач и как следствие большие потери напряжения и мощности, уменьшение надежности электроснабжения и качества электрической энергии для потребителя. Во вторую – это уменьшение оперативности в ремонте, а также сложная структура взаимодействия между диспетчерскими пунктами управления.

При строительстве новых объектов МО РФ необходим анализ возможных вариантов временного электроснабжения объекта на период строительства и постоянного электроснабжения объекта после его ввода в эксплуатацию. Решения о создании локальных систем электроснабжения должны приниматься на основе технико-экономических обоснований (ТЭО), устанавливающих мощность и размещение местных энергетических ресурсов, обосновывающих выбор энергоисточников и определяющих объемы реконструкции и технического перевооружения электрических сетей. В рамках ТЭО определяются необходимые объемы и источники финансирования.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА

При выборе основного источника электроснабжения (автономного или централизованного, т. е. энергосистемы) совершенно очевидно, что помимо приемлемой надежности энергообеспечения наиболее выгодным является вариант с наименьшими годовыми приведенными затратами (З). Поэтому применение автономного источника электроэнергии (АИЭ) целесообразно при условии

$$Z_{\text{ЦЭС}} \geq Z_{\text{АЭС}},$$

где $Z_{\text{ЦЭС}}$ – наименьшие годовые приведенные затраты на СЭС при выборе энергосистемы в качестве основного источника электроснабжения;

$Z_{\text{АЭС}}$ – наименьшие годовые приведенные затраты на СЭС при выборе автономной электростанции в качестве основного источника.

Данное условие, раскрывая значения приведенных затрат $Z_{\text{ЦЭС}}$ и $Z_{\text{АЭС}}$ [4], примет следующий вид:

$$E_n \cdot (K_{\text{Л}} + K_{\text{ТП}}) + C_{\text{Л}} + C_{\text{ТП}} + C_{\text{Э}} + C_{\text{П}} \geq E_n \cdot K_{\text{АЭ}} + C_{\text{АЭ}}, \quad (1)$$

где E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, год⁻¹;

$K_{\text{Л}}$ – капитальные вложения в линии электропередачи (ЛЭП), тыс. руб.;

$K_{\text{ТП}}$ – то же в трансформаторную подстанцию (ТП), тыс. руб.;

$C_{\text{Л}}$ – годовые эксплуатационные затраты на ЛЭП при централизованном электроснабжении, тыс. руб.;

$C_{\text{ТП}}$ – то же на трансформаторную подстанцию, тыс. руб.;

$C_{\text{Э}}$ – стоимость приобретенной энергии от энергосистемы, тыс. руб.;

$C_{\text{П}}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии при передаче, тыс. руб.;

$K_{\text{АЭ}}$ – капитальные вложения на автономную электростанцию, тыс. руб.;

$C_{\text{АЭ}}$ – годовые эксплуатационные затраты на автономную электростанцию, тыс. руб.

Анализ укрупненных сметных норм показывает, что удельные капитальные вложения в строительство линии электропередачи различного исполнения, приходящиеся на единицу, могут быть представлены в виде [4]

$$K_{\text{Л}}^{\text{уд}} = A_{\text{Л}} + B_{\text{Л}} \cdot q,$$

где $A_{\text{Л}}$ – удельная стоимость строительной части, не зависящая от сечения проводника, тыс. руб./км;

$B_{\text{Л}}$ – удельная стоимость кабеля и электромонтажных работ по его прокладке, тыс. руб./(км·мм²);

q – сечение жил кабеля, мм².

Тогда капитальные вложения в ЛЭП можно определить по удельным капитальным вложениям на 1 км:

$$K_{\text{Л}} = K_{\text{Л}}^{\text{уд}} \cdot L, \quad (2)$$

где L – длина линии, км;

$K_{\text{Л}}^{\text{уд}}$ – удельные капиталовложения в ЛЭП на 1 км, тыс. руб./км.

Аналогичные зависимости могут быть построены и для трансформаторных подстанций. Так, капитальные вложения в строительство подстанций различного типа с достаточной для инженерной практики технико-экономических расчетов точностью могут быть представлены в виде выражения [4]

$$K_{\text{ТП}} = A_{\text{ТП}} + B_{\text{ТП}} \cdot S_{\text{НОМ}}, \quad (3)$$

где $A_{\text{ТП}}$ – удельная стоимость строительной части, не зависящая от мощности подстанции, тыс. руб.;

$B_{\text{ТП}}$ – удельные капитальные вложения на 1 кВА установленной мощности трансформатора, тыс. руб./кВА;

$S_{\text{НОМ}}$ – удельные капитальные вложения на 1 кВА установленной мощности трансформатора, тыс. руб./кВА.

Годовые затраты на эксплуатацию ЛЭП и ТП можно выразить через соответствующие коэффициенты от капитальных вложений:

$$C_{\text{Л}} = a_{\text{Л}} \cdot K_{\text{Л}}, \quad (4)$$

$$C_{\text{ТП}} = a_{\text{ТП}} \cdot K_{\text{ТП}}, \quad (5)$$

где $a_{\text{Л}}$ – коэффициент годовых эксплуатационных затрат на ЛЭП (исключая потери электроэнергии при передаче), учитывающий затраты на амортизацию, реновацию и капитальный ремонт;

$a_{\text{ТП}}$ – то же на трансформаторную подстанцию.

При подсчете затрат на энергоснабжение от энергосистемы затраты на ее электростанции (сопряженные капиталовложения) не учитываются, а в состав эксплуатационных расходов включается стоимость приобретенной от системы электроэнергии, рассчитанной по действующим тарифам. Расчетная стоимость электроэнергии обычно определяется по замыкающим баланс рассматриваемого района электрогенерирующим установкам, в качестве которых принимается наиболее прогрессивная электростанция, намечаемая к сооружению в данной энергосистеме. Число часов использования установленной мощности электростанций приближенно принимается равным 7200 ч в энергосистемах Сибири и 6300 ч в энергосистемах европейской части России [3].

Потери электроэнергии наиболее просто можно определить, опираясь на понятие времени использования максимума нагрузок T_{max} и времени потерь τ , между которыми есть функциональная связь. Приближенное значение времени максимальных потерь при коэффициенте мощности нагрузки $\cos \varphi = 0,95$ можно определить по формуле [1]

$$\tau = \left(0,1 + \frac{T_{\text{max}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760, \quad (6)$$

где τ – время максимальных потерь;

T_{max} – время использования максимальной мощности.

Стоимость годовых потерь электроэнергии при передаче зависит от потерь электроэнергии в ЛЭП и в трансформаторах и определяется из выражения

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ПЛ}} + C_{\text{ПТ}}. \quad (7)$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии электропередачи зависит от параметров линии и передаваемой по ней мощности и составляет [1]:

$$C_{\text{ПЛ}} = \frac{\rho \cdot L}{q} \left(\frac{P_{\text{max}}}{U_{\text{H}} \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_{\text{Э}}, \quad (8)$$

где q – сечение провода цепей ЛЭП;

L – протяженность ЛЭП;

ρ – удельная проводимость материала провода ЛЭП;

- P_{\max} – максимальная передаваемая мощность ЛЭП;
 U_H – номинальное напряжение электропередачи;
 $\cos\varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;
 $C''_{\text{Э}}$ – средняя удельная стоимость 1 кВт·ч потерь энергии в энергосистеме, зависящая от характера нагрузки, руб./(кВт·ч).

Стоимость потерь энергии в группе из n одинаковых параллельно включенных трансформаторов составляет [1]:

$$C_{\text{ПТ}} = n \cdot \Delta P_{\text{ХХ}} \cdot C'_{\text{Э}} \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{К}} \cdot \left(\frac{S_{\max}}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2 \cdot C''_{\text{Э}} \cdot \tau, \quad (9)$$

- где $\Delta P_{\text{ХХ}}$ – номинальные потери холостого хода, кВт;
 $\Delta P_{\text{К}}$ – номинальные потери короткого замыкания, кВт;
 n – число трансформаторов на ТП;
 S_{\max} – максимальная суммарная нагрузка трансформаторов, кВА;
 $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность одного трансформатора, кВА;
 $C'_{\text{Э}}$ – расчетная стоимость 1 кВт·ч потерь энергии в энергосистеме, не зависящая от характера нагрузки, руб./(кВт·ч).

Удельная стоимость потерь электроэнергии, зависящая от характера нагрузки $C''_{\text{Э}}$ определяется с учетом времени потерь τ . Стоимость постоянных потерь $C'_{\text{Э}}$ берется для $t=8760$ ч.

Стоимость приобретенной электроэнергии определяется выражением

$$\text{Ц}_{\text{Э}} = P_{\max} \frac{T_{\max}}{8760} \cdot T_{\text{В}} \cdot C_{\text{Э}}, \quad (10)$$

- где P_{\max} – максимальная нагрузка;
 $T_{\text{В}}$ – продолжительность работы станции;
 $C_{\text{Э}}$ – средняя удельная стоимость 1 кВт·ч в энергосистеме.

Годовые затраты на эксплуатацию автономного источника $C_{\text{АЭ}}$ составляют:

– отчисления на амортизацию и капитальный ремонт оборудования, зданий и сооружений $C_{\text{а}} = a_{\text{а}} \cdot K_{\text{АЭ}}$;

- стоимость израсходованного топлива $\text{Ц}_{\text{Т}}$;
 – зарплата обслуживающего персонала и отчисления на социальное страхование;
 – затраты на текущий ремонт;
 – затраты на вспомогательные материалы;
 – общие станционные расходы.

Отчисления на амортизацию $C_{\text{а}}$ для дизельных электростанций можно принять равными $0,035-0,05 \cdot K_{\text{АЭ}}$. Первая цифра – норма отчисления на капитальный ремонт, вторая – на полное восстановление.

Затраты на израсходованное топливо можно определить по величине выработки электроэнергии станции и топливной составляющей в ней. Затраты на топливо определяются по действующим ценам. При отсутствии достаточно обоснованных цен расчет производится по удельным приведенным затратам (расчетной стоимости топлива). Удельные приведенные затраты на топливо $\text{Ц}_{\text{Т}}$ определяются по замыкающим топливный баланс рассматриваемого района топливодобывающим предприятиям. При максимальной нагрузке P_{\max} , годовом времени использования T_{\max} и времени работы станции $T_{\text{В}}$ затраты на топливо составляют

$$\text{Ц}_{\text{Т}} = P_{\max} \frac{T_{\max}}{8760} \cdot T_{\text{В}} \cdot B, \quad (11)$$

где B – топливная себестоимость производства электрической энергии на станции.

Прочие годовые затраты на эксплуатацию АИЭ (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт, вспомогательные материалы, общие станционные расходы) составят сравнительно небольшую величину. Эти затраты можно принять постоянными, обозначив их через A .

Капитальные вложения в АИЭ, ввиду того, что на электростанциях 80–85% капитальных вложений составляет стоимость оборудования, можно приближенно принять прямо пропорциональными установленной мощности:

$$K_{\text{АЭ}} = K_{\text{ст}}^{\text{уд}} \cdot P_{\text{ст}}, \quad (12)$$

где $K_{\text{ст}}^{\text{уд}}$ – удельные капитальные вложения на станцию, руб./кВт;

$P_{\text{ст}}$ – установленная мощность станции, кВт.

ГРАНИЦЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Для определения границ целесообразности централизованного и местного обеспечения нагрузки P_{max} , расположенной на расстоянии L от энергосистемы, при годовом числе использования максимума нагрузки T_{max} выразим неравенство (1) через удельные величины, учитывая выражения (2)–(5), (7)–(12):

$$\begin{aligned} & E_{\text{H}} \cdot (K_{\text{Л}}^{\text{уд}} \cdot L + K_{\text{ТП}}) + a_{\text{Л}} \cdot K_{\text{Л}}^{\text{уд}} \cdot L + a_{\text{ТП}} \cdot K_{\text{ТП}} + P_{\text{max}} \frac{T_{\text{max}}}{8760} \cdot T_{\text{В}} \cdot C_{\text{Э}} + \\ & + \frac{\rho \cdot L}{n \cdot q} \left(\frac{P_{\text{max}}}{U_{\text{H}} \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_{\text{Э}}'' + n \cdot \Delta P_{\text{XX}} \cdot C_{\text{Э}}' \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{К}} \cdot \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2 \cdot C_{\text{Э}}'' \cdot \tau \geq \\ & \geq (E_{\text{H}} + a_{\text{а}}) \cdot K_{\text{ст}}^{\text{уд}} \cdot P_{\text{ст}} + P_{\text{max}} \frac{T_{\text{max}}}{8760} \cdot T_{\text{В}} \cdot B + A. \end{aligned} \quad (13)$$

В состав капиталовложений в варианте с использованием централизованного электроснабжения необходимо включить затраты на приобретение «разрешенной» используемой мощности (плата за максимум нагрузки), которые определяются уравнением

$$C_{\text{М}} = P_{\text{max}} \cdot \kappa_{\text{исп}} \cdot C_{\text{w}}, \quad (14)$$

где $\kappa_{\text{исп}}$ – коэффициент использования;

C_{w} – стоимость 1 кВт разрешенной мощности для данного региона.

Названные капитальные вложения должны быть учтены с коэффициентом экономической эффективности E_{H} , так как их назначение – это технические мероприятия, проводимые для обеспечения возможности присоединения дополнительных потребителей к энергосистеме.

Из неравенства (13) с учетом (14) определяем длину ЛЭП, при которой расчетные затраты на местное и централизованное электроснабжение будут одинаковы (эту длину в дальнейшем для краткости будем называть критической – $L_{\text{кр}}$):

$$\begin{aligned} L_{\text{кр}} = & \frac{(E_{\text{H}} + a_{\text{а}}) \cdot K_{\text{ст}}^{\text{уд}} \cdot P_{\text{ст}} - (E_{\text{H}} + a_{\text{ТП}}) \cdot K_{\text{ТП}} - E_{\text{H}} \cdot C_{\text{М}} + P_{\text{max}} \frac{T_{\text{max}}}{8760} \cdot T_{\text{В}} \cdot (B - C_{\text{Э}})}{(E_{\text{H}} + a_{\text{Л}}) \cdot K_{\text{Л}}^{\text{уд}} + \frac{\rho}{n \cdot q} \cdot \left(\frac{P_{\text{max}}}{U_{\text{H}} \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_{\text{Э}}''} - \\ & \frac{\left(n \cdot \Delta P_{\text{XX}} \cdot C_{\text{Э}}' \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{К}} \cdot \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2 \cdot C_{\text{Э}}'' \cdot \tau \right) + A}{(E_{\text{H}} + a_{\text{Л}}) \cdot K_{\text{Л}}^{\text{уд}} + \frac{\rho}{n \cdot q} \cdot \left(\frac{P_{\text{max}}}{U_{\text{H}} \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_{\text{Э}}''}. \end{aligned} \quad (15)$$

Условия выбора:

- 1) если $L \leq L_{кр}$ – принимаем за основной источник электроснабжения Госсеть;
- 2) если $L > L_{кр}$ – принимаем за основной источник АИЭ.

На рис. 1 показана зависимость критической длины КЛЭП-10 кВ, проложенной на территории европейской части России, от величины максимальной нагрузки потребителя при различных значениях времени использования максимальной мощности.

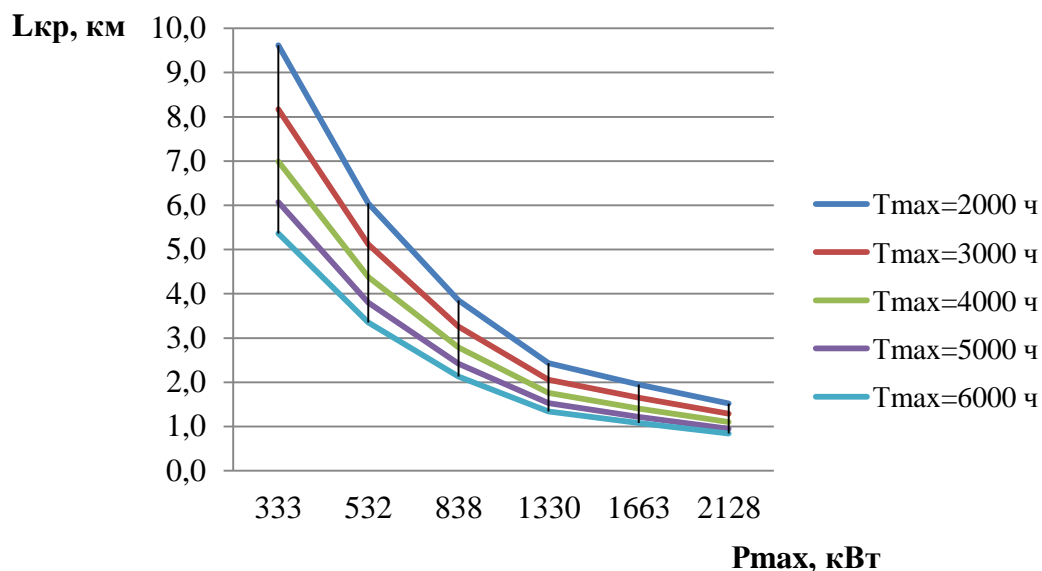


Рис. 1. Зависимость $L_{кр}$ от P_{max} для КЛЭП-10 кВ, проложенной на территории европейской части России, при различных значениях времени использования максимальной мощности

На рис. 2 показана зависимость критической длины КЛЭП-10 кВ, проложенной на территории европейской части России, от времени использования максимальной мощности при различных значениях номинальной мощности.

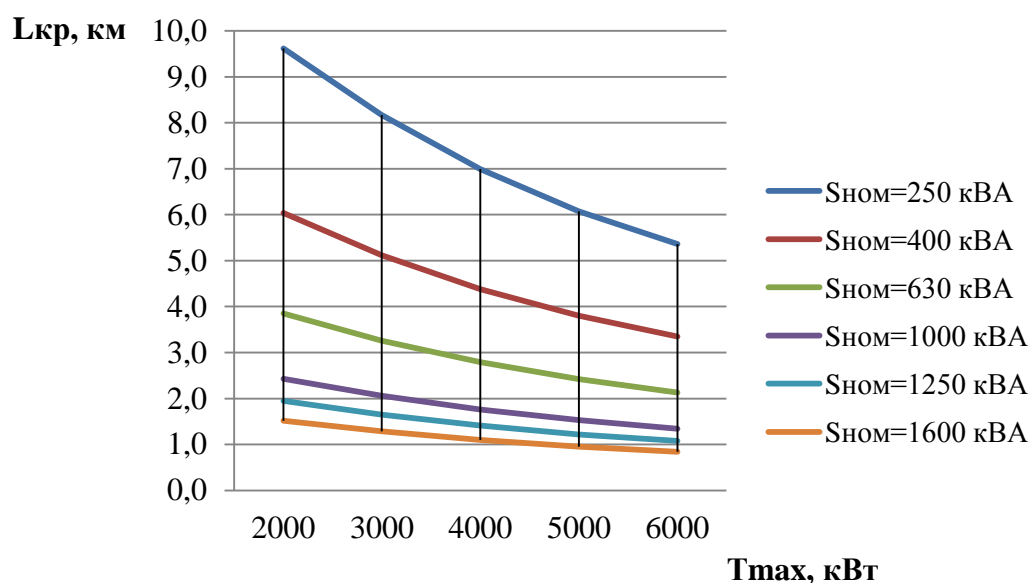


Рис. 2. Зависимость $L_{кр}$ от T_{max} для КЛЭП-10 кВ, проложенной на территории европейской части России, при различных значениях номинальной мощности

Вывод. Применение рассмотренной методики выбора вида основного источника электроснабжения при строительстве объектов МО РФ позволит сократить финансовые затраты на их строительство и эксплуатацию. При этом определяющим для объектов МО РФ должен быть показатель надежности электроснабжения (не ниже заданного).

Список используемых источников

1. *Михайлов А.* Автономное или централизованное электроснабжение? Границы экономической эффективности // *Новости электротехники.* – 2006. – № 2(38).
2. *Михайлов А.* Малая энергетика России. Классификация, задачи, применение // *Новости электротехники.* – 2005. – № 5(35).
3. *Карагодин В.В., Пешехонов Н.Е., Ревяков Б.А.* Пособие к курсовому и дипломному проектированию систем электроснабжения объектов специального назначения: учеб. пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2012. – Ч. 2: Сети выше 1000 В. – 124 с.
4. *Пешехонов Н.Е.* Электроснабжение специальных комплексов: учеб. пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2011. – 187 с.

М.В. Аверочкин

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПО УПРАВЛЕНИЮ СЛУЖБОЙ ВОЙСК И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ ВУЗА

Применительно к военно-учебному заведению Минобороны России исследуется зависимость состояния службы войск и безопасности военной службы от эффективности деятельности должностных лиц по управлению службой войск и безопасностью военной службы. Предложена система показателей эффективности деятельности должностных лиц по управлению службой войск и безопасностью военной службы, а также соответствующая модель.

Ключевые слова: эффективность деятельности должностных лиц, служба войск, безопасность военной службы.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное управление службой войск и обеспечение безопасности военной службы является средством реализации Вооруженными силами Российской Федерации (ВС РФ) своих функций с минимально возможными людскими потерями и нецелевыми материальными расходами [1, 2].

За последние годы проблеме совершенствования службы войск, предупреждению гибели и травматизма военнослужащих, созданию и обеспечению безопасных условий в ходе повседневной деятельности в ВС РФ уделяется большое внимание, но, несмотря на это, случаи преступлений и происшествий, травматизма и трудовпотерь, факты создания предпосылок к возникновению чрезвычайных ситуаций вследствие нарушений должностными лицами регламента службы войск в воинских частях и организациях Минобороны России (МО РФ) продолжают иметь место [3]. Это подтверждается данными из анализа-сводки Управления службы войск Генерального штаба ВС РФ по состоянию обеспечения безопасности в ВС РФ за 2014–2015 годы (рис. 1).

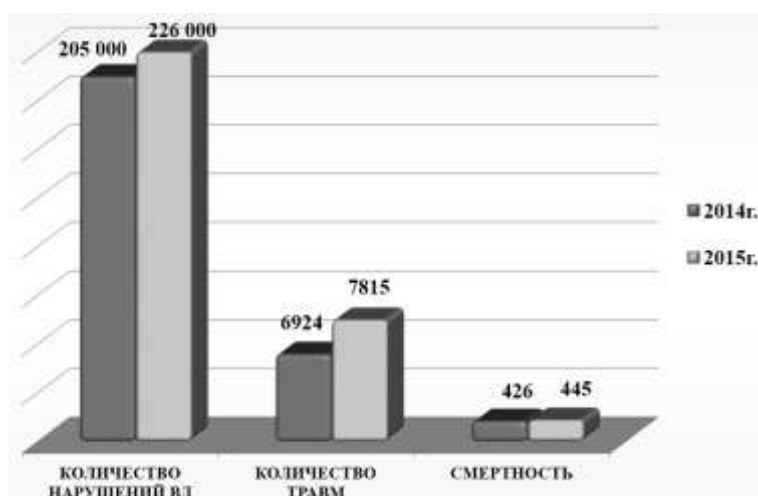


Рис. 1. Анализ-сводка Управления службы войск Генерального штаба ВС РФ по состоянию обеспечения безопасности в ВС РФ за 2014–2015 годы

Сложившееся положение дел характерно и для военно-учебных заведений МО РФ, где освоение курсантами знаний и приобретение навыков безопасного выполнения обязанностей в соответствии с будущим должностным предназначением осуществляется в процессе их обучения [4].

Заметим, что в ходе контрольных проверок военно-учебных заведений МО РФ, проводившихся в 2014 году, Министр обороны Российской Федерации и его заместители неоднократно озвучивали требования по повышению эффективности деятельности должностных лиц органов военного управления (ОВУ) всех уровней, по управлению службой войск и безопасностью военной службы (СВ и БВС).

Очевидно, что для того, чтобы повысить эффективность указанной выше деятельности, ее необходимо оценить с помощью соответствующего научно-методического аппарата. Проведенный автором анализ существующего научно-методического аппарата оценивания деятельности должностных лиц (ДДЛ) по управлению СВ и БВС показал [5–7], что используемые в настоящее время организационные формы и методы исчерпали свои возможности и в ряде случаев не соответствуют современным требованиям (рис. 2).



Рис. 2. Анализ причин недостатков, выявленных в ходе проверок состояния СВ и БВС в 2014–2015 гг.

Так, по результатам анализа причин недостатков, выявленных в ходе проверок состояния СВ и БВС за 2014–2015 годы, более 52 % недостатков обусловлены низкой эффективностью деятельности должностных лиц, более 31 % – качеством проводимых мероприятий, 11% – это личностные характеристики должностных лиц и 6% – другие причины.

В то же время распределение научных исследований в области воинского обучения и воспитания, боевой подготовки, военной педагогики и психологии, управления повседневной деятельностью войск выглядит следующим образом: 68 % направлено на совершенствование организации и методики воинского обучения и воспитания; 25 % – на совершенствование методики и технических средств обучения и 7 % – на повышение эффективности обеспечения безопасности военной службы.

Таким образом, задача разработки нового научно-методического подхода к оцениванию эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС является актуальной. При этом под научно-методическим подходом понимается совокупность научно-обоснованных приемов и способов оценивания эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС применительно к военно-учебному заведению МО РФ, т.е. научно-методический подход включает в себя:

- систему частных показателей эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС;
- метод оценивания эффективности ДДЛ военно-учебного заведения по управлению СВ и БВС.

Основная цель разработки такого научно-методического подхода – повышение эффективности мероприятий по совершенствованию службы войск и обеспечению безопасности военной службы в военно-учебном заведении.

СИСТЕМА ЧАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПО УПРАВЛЕНИЮ СЛУЖБОЙ ВОЙСК И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ ВОЕННО-УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Показатели оценивания эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС представляют собой инструмент для организации мероприятий по совершенствованию этого вида деятельности. Главными целями оценивания являются:

а) определение степени соответствия уровня профессиональной подготовки и содержания ДДЛ предъявляемым требованиям;

б) обоснование путей и способов совершенствования ДДЛ по управлению СВ и БВС подчиненных структурных подразделений.

Рассмотрение ДДЛ по управлению СВ и БВС с учетом положений теории эффективности целенаправленных процессов [8–11] позволило автору предложить следующее определение. *Эффективность деятельности должностных лиц* – это степень реализации должностными лицами организационных, информационных и технических возможностей системы управления по руководству подчиненными формированиями в интересах достижения целей функционирования системы СВ и БВС.

В существующих условиях декомпозиция содержания ДДЛ по управлению СВ и БВС позволяет охарактеризовать ее организационной и функциональной эффективностями, а оценить следующими уровнями: профессионально-должностной подготовки должностных лиц; полноты и качества разработки документов; полноты и качества выполнения запланированных мероприятий; а также степенью: обоснованности принимаемых решений; технической готовности средств управления; полноты, достоверности и своевременности информации о состоянии системы СВ и БВС (рис. 3).



Рис. 3. Общая характеристика деятельности должностных лиц по управлению СВ и БВС

Реализуя классический принцип количественно-качественного оценивания эффективности целенаправленного процесса, в ходе исследования автором разработана система частных показателей эффективности ДДЛ военно-учебного заведения по управлению СВ и БВС (рис. 4), где предлагается включить в рассмотрение показатели технической эффективности, помимо организационной и функциональной.



Рис. 4. Система показателей эффективности деятельности должностных лиц военно-учебного заведения по управлению СВ и БВС (СМПО – специальное математическое и программное обеспечение; КСАУ – комплексная система автоматизированного управления)

Система показателей включает группы частных показателей, группу обобщенных показателей, которые посредством мультипликативной свертки объединяются в комплексный показатель $W_{ВН}^p$.

Эффективность функционирования системы управления СВ и БВС в целом рассматривается в соответствии с принятым определением как степень реализации возможностей системы управления и определяется по следующей зависимости:

$$\Delta\theta = \frac{W_{ВН}^p}{W_{ВН}^u}, \quad (1)$$

где $W_{ВН}^p$ – фактическое значение комплексного показателя эффективности функционирования системы управления СВ и БВС;

$W_{ВН}^u$ – значение комплексного показателя эффективности функционирования системы в целом при идеальной (эталонной) системе управления.

По критерию пригодности, если фактическое значение комплексного показателя $W_{ВН}^p$ приближается к «эталонному» значению $W_{ВН}^u$, то эффективность функционирования системы управления СВ и БВС $\Delta\theta \rightarrow 1$.

Система управления СВ и БВС является системой социальной, следовательно, все процессы, происходящие в ней, являются вероятностными и в большинстве своем подчиняются нормальному закону распределения случайных величин. Основываясь на этом допущении, в ходе исследования был сделан вывод о том, что число различных по эффективности результатов функционирования системы управления СВ и БВС конечно и каждому результату соответствует определенное значение, отличное от других.

В соответствии с методикой проверки состояния СВ и БВС, определенной директивой НГШ ВС РФ ДГШ-23 [6], состояние СВ и БВС оценивается двумя критериальными значениями – «удовлетворительно» или «неудовлетворительно», что не дает объективной оценки

эффективности функционирования составляющих элементов системы управления СВ и БВС, и в частности эффективности ДДЛ военно-учебного заведения.

Для установления зависимости между вербальными оценками эффективности работы должностных лиц постоянного состава военно-учебного заведения и числовыми значениями показателя эффективности этой деятельности в процессе управления СВ и БВС в ходе исследования была применена вероятностная шкала, основанная на функции желательности Харрингтона, что позволило предложить шкалу оценивания эффективности ДДЛ при управлении СВ и БВС, приведенную в табл. 1 [12–15].

Таблица 1

Шкала оценивания деятельности должностных лиц при управлении СВ и БВС

Показатель эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС $P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}})$	Вербальная оценка эффективности ДДЛ	
	Предлагаемая	В соответствии с ДГШ-23
$0,8 \leq P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) \leq 1,0$	Очень высокая эффективность	Удовлетворительно
$0,64 \leq P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) < 0,80$	Высокая эффективность	
$0,37 \leq P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) < 0,64$	Средняя эффективность	
$0,20 \leq P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) < 0,37$	Низкая эффективность	
$0,0 \leq P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) < 0,2$	Неэффективно	Неудовлетворительно

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПО УПРАВЛЕНИЮ СЛУЖБОЙ ВОЙСК И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ

Разработка метода оценивания эффективности ДДЛ военно-учебного заведения по управлению СВ и БВС осуществлялась на основе общей теории управления, теории системного анализа и с учетом результатов исследований, посвященных вопросам моделирования и оценки эффективности управления. В ходе исследования под моделью деятельности должностных лиц понималась система математических зависимостей и логических правил (связей), позволяющих с достаточной адекватностью представить процессы деятельности должностных лиц по управлению СВ и БВС структурных подразделений и с определенной степенью точности определить искомые выходные величины по известным входным данным.

Основываясь на предположении о том, что энтропия системы СВ и БВС при полном отсутствии управления (лишенная управления) возрастает, т. е. неупорядоченность системы стремится к бесконечности, а противостоять этому может только деятельность должностных лиц, содержание которой по существу и представляет собой борьбу с неупорядоченностью. В качестве меры этого процесса в исследовании принято количество и качество управляющей информации, циркулирующей в системе СВ и БВС посредством реализации должностными лицами функций управления, а эффективность этого процесса описывается следующей зависимостью:

$$P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - P(W_i)] e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

- где λ – эмпирический коэффициент, характеризующий готовность системы управления СВ и БВС к выполнению задач;
- t – момент времени наблюдения за процессом управления;
- k – общее число факторов, оказывающих влияние на эффективность выполнения

задач управления СВ и БВС;

$P(W_i)$ – частные показатели эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС.

Определение в системе показателей оценивания эффективности деятельности должностных лиц трех групп ключевых показателей – организационной, функциональной и технической потребовало разработки такой модели, в основу которой положено оценивание вероятности своевременного выполнения должностными лицами поставленных задач в зависимости от их способности реализовывать все возможности имеющихся организационных, функциональных и технических ресурсов в процессе управления.

В ходе исследования было сделано допущение о независимости случайных величин значений операционной, функциональной и технической эффективностей и их зависимости от случайной величины – вероятности своевременности выполнения задач, что дало основание предложить следующее выражение для оценивания эффективности деятельности должностных лиц:

$$P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}}) = 1 - \left[\left(1 - P(W_t)P(W_{\text{ОЭ}}^{\text{ДДЛ}}) \right) \left(1 - P(W_t)P(W_{\text{ФЭ}}^{\text{ДДЛ}}) \right) \left(1 - P(W_t)P(W_{\text{ТЭ}}^{\text{ДДЛ}}) \right) \right], (3)$$

где $P(W_t) \geq 0,7$ – вероятность своевременного выполнения задач;

$P(W_{\text{ОЭ}}^{\text{ДДЛ}})$ – частный показатель организационной эффективности;

$P(W_{\text{ФЭ}}^{\text{ДДЛ}})$ – частный показатель функциональной эффективности;

$P(W_{\text{ТЭ}}^{\text{ДДЛ}})$ – частный показатель технической эффективности.

При этом (см. рис. 4)

$$P(W_{\text{ОЭ}}^{\text{ДДЛ}}) = P(W_{\text{док}})P(W_{\text{поу}});$$

$$P(W_{\text{ФЭ}}^{\text{ДДЛ}}) = P(W_{\text{обр}})P(W_{\text{кпр}});$$

$$P(W_{\text{ТЭ}}^{\text{ДДЛ}}) = P(W_{\text{асу}})P(W_{\text{тну}}).$$

Выражения для вычисления частных показателей оценивания эффективности деятельности ДДЛ по управлению СВ и БВС были получены с помощью метода рангов и метода анализа испытаний, так как они достаточно громоздки, то в статье не приводятся.

Приведем результаты оценивания эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС за 2015 год (табл. 2) на примере подразделений (7 кафедр, 23 офицера) Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова с использованием разработанного научно-методического подхода при условии, что $P(W_{\text{док}}) = 0,7 = \text{const}$; $P(W_{\text{ТЭ}}^{\text{ДДЛ}}) = 0,5 = \text{const}$; $P(W_t) = 0,7$.

Таблица 2

Результаты оценивания эффективности ДДЛ по управлению СВ и БВС на примере ВМА имени С.М. Кирова за 2015 год

Организационная эффективность $P(W_{\text{ОЭ}}^{\text{ДДЛ}})$		Функциональная эффективность $P(W_{\text{ФЭ}}^{\text{ДДЛ}})$				Техническая эффективность $P(W_{\text{ТЭ}}^{\text{ДДЛ}})$	Эффективность ДДЛ $P(W_{\text{ВН}}^{\text{ДДЛ}})/\text{чел.}$
$P(W_{\text{док}})$	$P(W_{\text{поу}})$	$P(W_{\text{обр}})$	$r1 *$	$P(W_{\text{кпр}})$	$r2 **$		
0,70	0,78	0,23	1,2	0,28	0,75	0,50	0,62/5
0,70	0,82	0,31	1,4	0,42	0,88	0,50	0,65/7
0,70	0,88	0,39	1,6	0,64	1,00	0,50	0,73/6
0,70	0,90	0,44	1,8	0,80	1,13	0,50	0,81/3
0,70	0,92	0,50	2,0	1,00	1,25	0,50	0,95/2

* $r1$ – коэффициент, характеризующий количество принимаемых решений должностным лицом в единицу времени из возможных их вариантов.

** $r2$ – коэффициент, характеризующий количество положительно реализованных решений, принятых должностным лицом в единицу времени.

Из анализа табл. 2 можно сделать вывод о том, что из 23 оцениваемых офицеров у пяти – средняя эффективность деятельности по управлению СВ и БВС; у тринадцати – высокая эффективность; у пяти – очень высокая эффективность деятельности по управлению СВ и БВС.

Ограничением проведенных исследований являлось то, что оценивание эффективности деятельности офицеров проводилось без учета занимаемой ими должности и количества подчиненного личного состава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный автором научно-методический подход к оцениванию эффективности деятельности должностных лиц по управлению службой войск и безопасностью военной службы военно-учебного заведения позволит:

- определять, в какой степени деятельность должностных лиц способствует наиболее полному использованию их управленческих возможностей;
- определять уровень подготовленности должностных лиц, оценивать качество принимаемых ими решений применительно к решению задач управления подчиненными подразделениями;
- оценивать качество и рационально планировать мероприятия по совершенствованию структуры управления подразделениями, кадровой работы и методов работы должностных лиц;
- сопоставлять (сравнивать) несколько альтернативных вариантов организации управления подразделениями и выбрать предпочтительный (оптимальный).

Список используемых источников

1. О мерах по поддержанию правопорядка и воинской дисциплины в Вооруженных Силах Российской Федерации: Приказ Министра обороны Российской Федерации 2010 года № 1800. – М., 2010.
2. Об утверждении Руководства по обеспечению безопасности военной службы в Вооруженных Силах Российской Федерации: Приказ Министра обороны Российской Федерации 2015 года № 444. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186862/ (дата обращения: 17.11.2016).
3. О мерах по совершенствованию учета сведений и преступлениях (происшествиях) в Вооруженных Силах Российской Федерации: Приказ Министра обороны Российской Федерации 2015 года № 855. – М., 2015.
4. Об организации учебного процесса, боевой подготовки, внутренней и караульной служб на 2016-2017 учебный год: Приказ начальника Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова от 01 сентября 2016 года № 510. – СПб., 2016.
5. Методические рекомендации по организации и выполнению мероприятий повседневной деятельности в воинской части: директива первого заместителя Министра обороны Российской Федерации 2002 года №332/500. – М., 2002.
6. Об утверждении Инструкции о порядке проведения проверок военно-учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации: Приказ Министра обороны Российской Федерации 2000 года № 277. – URL <http://old.lawru.info/legal2/se12/pravo12915/index.htm> (дата обращения: 17.11.2016).
7. Об утверждении методик проверки состояния службы войск, безопасности военной службы, организации оснащения и эксплуатации технических средств охраны в воинской части (органе военного управления): директива начальника Генерального штаба Вооружен-

ных Сил Российской Федерации – первого заместителя Министра обороны Российской Федерации 2015 года №ДГШ-23. – М., 2015.

8. Эффективность и надежность сложных систем / И.Л. Плетнев, А.И. Рембеза, Ю.А Соколов и др.: – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.

9. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 208 с.

10. *Петухов Г.Б.* Основы теории эффективности целенаправленных процессов. – СПб.: ВИКИ, 1989. – Ч. I. – 522 с.

11. Методы оценивания качества / В.И. Белицкий и др. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2005. – 183 с.

12. *Исмагилов И.И.* Принятие решений при количественных и качественных критериях описания альтернатив // Исследования по информатике. – 2003. – № 6. – С. 21–28.

13. *Пичкалев А.В.* Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств // Исследования наукограда. – 2012. – № 1. – С. 25–28.

14. *Ходашинский И.А.* Формально-логический метод и аппроксимация Мамдани в нечетком оценивании величин // Автометрия. – 2006. – № 1. – С. 55–67.

15. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем // Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.

И.В. Марусенко,
кандидат филологических наук, доцент;
Н.С. Якушкина

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК» СЛУШАТЕЛЯМИ МАГИСТРАТУРЫ

В статье рассматриваются особенности изучения дисциплины «Иностранный язык» в военном вузе на основе трехлетнего опыта преподавания иностранных языков в магистратуре Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Анализируется технология обучения дисциплине и методы оценивания уровня сформированности профессиональной иноязычной коммуникативной компетенции у слушателей магистратуры.

Ключевые слова: непрерывная профессиональная подготовка, магистратура, дисциплина «Иностранный язык», особенности изучения дисциплины в военном вузе.

Система непрерывной профессиональной подготовки военного специалиста, которая существует в настоящее время в Министерстве обороны РФ, реализует концепцию непрерывного образования, которая рассматривается как совокупность средств, способов и форм приобретения, углубления и расширения общего образования, профессиональной компетентности, культуры, воспитания гражданской и нравственной зрелости.

Военное образование отличается непрерывностью: чтобы применять свои знания и навыки на практике, офицер должен учиться всю жизнь. Расширение знаний и совершенствование умений и навыков происходит по мере служебного роста; изменение служебно-должностного положения вызывает изменение функций и задач, решаемых офицером [1]. Таким образом, военная организация, как никакая другая, нуждается в хорошо организованной системе непрерывной профессиональной подготовки, которая осуществляется в рамках получения среднего профессионального образования, высшего профессионального образования и дополнительного образования.

Одной из ступеней высшего профессионального образования в военном вузе наряду со специалитетом и адъюнктурой в настоящий момент является магистратура.

Программа магистратуры предусматривает углубление теоретической и практической профессиональной подготовки и развитие способностей обучающихся в области научно-исследовательской и педагогической деятельности по выбранному направлению.

Изучение иностранного языка в магистратуре направлено прежде всего на получение научной, профессионально значимой информации, на овладение видами речевой деятельности, позволяющей пользоваться этой информацией. Таким образом, основной целью освоения учебной дисциплины «Иностранный язык» в магистратуре является формирование и совершенствование профессиональной иноязычной коммуникативной компетенции (ПИКК), позволяющей использовать иностранный язык, прежде всего для удовлетворения профессиональных потребностей и дальнейшего профессионального самообразования и самосовершенствования.

Однако обучение в магистратуре военного вуза характеризуется рядом особенностей. Так, например, дисциплина «Иностранный язык» (магистры) реализуется в военных вузах в рамках вариативной части основной профессиональной образовательной программы. На изучение данной дисциплины в магистратуре отводится обычно небольшое количество часов (в ВКА им. А.Ф. Можайского – это 2 зачетные единицы). При этом в соответствии с программой обучающиеся в магистратуре должны уметь:

– использовать полученные лингвистические знания для чтения и перевода текстов по специальности в целях извлечения необходимой информации;

– аннотировать и реферировать иноязычную научную литературу по специальности на иностранном и русском языках;

– осуществлять презентацию научного выступления по специальности.

С точки зрения постановки задач обучения иностранному языку слушатели магистратуры представляют собой новую для военного вуза целевую группу, которая обладает рядом специфических характеристик, отличающих ее от целевых групп будущих специалистов (курсантов) и адъюнктов.

С одной стороны, слушатели магистратуры военного вуза, как правило, достаточно давно закончили высшее военное учебное заведение (по нашим данным интервал может составлять до 15 лет) и поэтому многие знания, умения и навыки в области иностранного языка ими утрачены. Кроме того, в одной учебной группе могут обучаться выпускники разных военных вузов, имеющие, соответственно, разный уровень лингвистической подготовки.

С другой стороны, слушатели магистратуры – это зрелые личности, добившиеся успехов в профессиональном плане, имеющие большой жизненный опыт, понимающие, какие знания, умения и навыки им необходимы в первую очередь, и осознающие, какие компетенции им хотелось бы получить.

Следует подчеркнуть, что слушатели магистратуры обладают высоким уровнем компетенций в военной области. Кроме того, их отличает более серьезный и творческий подход к решению стоящих перед ними задач. В целом, на наш взгляд, при изучении иностранного языка слушателей магистратуры отличает достаточно высокий уровень мотивации.

Учитывая небольшое количество часов, отводимых на изучение иностранного языка, вышперечисленные особенности должны быть приняты во внимание при построении курса изучения иностранных языков в магистратуре, начиная с создания учебной программы и соответствующего учебного пособия и заканчивая используемой технологией обучения.

Итак, первая задача, стоящая перед самими обучающимися и преподавателями иностранных языков, работающими со слушателями магистратуры, заключается в том, чтобы восстановить приобретенные ранее знания, умения и навыки и преодолеть реально существующие различия в уровне владения иностранным языком слушателями одной учебной группы. Это «выравнивание» происходит в ходе корректировочного курса при повторении тщательно отобранного грамматического и лексического материала, релевантного для чтения и перевода специальных (военно-технических и военно-научных) текстов.

Одновременно с повторением лексико-грамматического материала слушатели начинают читать аутентичные военные тексты. Такая возможность возникает потому, что в отличие от обучающихся по программе специалитета слушатели магистратуры обладают значительным запасом знаний в военной области, которые позволяют им, минуя этап изучения общеупотребительного языка, сразу приступить к изучению языка специальности (так называемого English for Academic Purposes). Язык специальности нужен для чтения тематически и грамматически сложной специальной литературы, для подготовки презентаций, докладов, публикаций, участия в профессиональных дискуссиях.

Аутентичные иноязычные тексты по специальности должны быть очень хорошо подобраны, чтобы на их основе можно было работать над лексикой и грамматикой изучаемого иностранного языка; осваивать методику перевода, который рассматривается в настоящее время как самостоятельный вид учебной деятельности; осуществлять ознакомление с теми видами чтения, которые наиболее важны для исследовательской работы (изучающим, ознакомительным, просмотровым).

Чтение и перевод военно-технических и военно-научных текстов, в тематике которых слушатели, как правило, хорошо разбираются, создает благоприятный психологический климат на практических занятиях и позволяет решить задачи чтения, перевода, аннотирования, реферирования и презентации научной работы по специальности за то небольшое количество часов, которое отводится на дисциплину «Иностранный язык».

Принцип сотрудничества между слушателями и преподавателями, стремление к выстраиванию индивидуальной траектории обучения находят свое отражение в первую очередь в дифференциации учебного материала обучения в зависимости от предварительного лингвистического и профессионального опыта.

Представляется вполне допустимым гибкий подход к выбору тематики текстового материала, которая может определяться по согласованию с группой обучающихся исходя из направления подготовки и стоящих перед слушателями задач.

Некоторая часть текстов непосредственно связана с изучаемыми слушателями магистратуры специальными дисциплинами. Такие тексты вызывают особый интерес у обучающихся и стимулируют сначала монологические высказывания, а по мере формирования соответствующих умений и навыков и ведение дискуссии по данной теме.

С большим энтузиазмом слушатели овладевают навыками составления рефератов и аннотаций на основе иноязычной литературы, поскольку это необходимо каждому обучающемуся в магистратуре при написании обзора литературы итоговой квалификационной работы. В целом такой вид обработки текстов является одним из наиболее востребованных в настоящий момент видов иноязычной деятельности в сфере науки, а написание аннотаций к статьям на русском и иностранном языках актуально для каждого, кто занимается в той или иной мере научной деятельностью.

Определение уровня сформированности ПИКК может осуществляться с помощью разных методов оценивания (опросные методы, портфолио, деловые игры, метод проектов и т. п.). Отметим, что методология оценивания уровня сформированности компетенций выбирается педагогами уже на этапе составления планов работы, программ учебных дисциплин, комплектования фондов оценочных средств. Каждый преподаватель при этом сталкивается с необходимостью определения критериев оценки результатов обучения в соответствии с выбранной педагогической технологией [2].

Промежуточная аттестация по дисциплине направлена на определение степени достижения учебных целей и уровня сформированности компетенций и проводится в данном курсе в виде устного зачета с оценкой.

Нам представляется, что наиболее эффективным методом оценивания сформированности ПИКК по иностранному языку у слушателей магистратуры является краткая презентация (10–15 минут) своей научной работы по специальности на иностранном языке в программе PowerPoint в рамках метода проектов [3].

Подготовка презентации по теме научной работы на английском языке требует использования современных информационных технологий. В частности, для поиска информации, необходимой для создания проекта, слушатели должны уметь пользоваться электронными библиотеками, базами данных, поисковыми системами, электронными версиями ведущих научных журналов.

Помимо самостоятельной работы с электронными ресурсами на иностранном языке, слушатели должны также совершенствовать навыки самостоятельной работы с иноязычной литературой по специальности: осуществлять самостоятельный поиск статей и монографий по интересующей тематике, заниматься аналитическим чтением, текстовой обработкой оригинальных материалов.

В начале курса обучения слушатели должны ознакомиться с основными теоретическими положениями метода проектов, выбрать тип проекта и тему и начать незамедлительно работать над проектом, используя для поиска информации все возможные источники (печатная литература, сеть Интернет, TV и т. д.). Работа над проектом ведется слушателями как самостоятельно, так и на аудиторных занятиях.

Для того чтобы успешно презентовать проект, на практических занятиях под руководством преподавателя осуществляется представление темы презентации и предполагаемых методов исследования; осуществляется снятие лингвистических и семантических трудностей иноязычного текста презентации; выполняется представление и редактирование текста; об-

суждаются полученные результаты; представляется сценарий презентации. Этот подготовительный этап заканчивается собственно защитой проекта. В процессе работы над проектом продолжается работа над совершенствованием умений письменного и устного перевода научной литературы по специальности. По мере необходимости привлекается соответствующий лексико-грамматический материал.

Таким образом, работа над проектом решает одновременно несколько задач. Написание и презентация научной работы по специальности рассматривается как часть подготовки к написанию будущей итоговой квалификационной работы. В результате реализуются заявленные в программе умения читать и переводить тексты по специальности; аннотировать и реферировать иноязычную научную литературу на иностранном и русском языках и осуществлять презентацию научного выступления по специальности.

В процессе написания и презентации научной работы также осуществляется овладение основами публичной речи (выступления) и навыками презентации научной продукции. Это способствует развитию и совершенствованию общекультурной, лингвистической и коммуникативной иноязычной компетенции и соответствует требованиям новых образовательных стандартов.

Кроме того, при работе над проектом слушатели совершенствуют навыки самостоятельной работы, что особенно важно при небольшом количестве аудиторных часов.

Проект должен иметь пояснительную записку, представляющую собой текст на иностранном языке с кратким изложением проведенного исследования. На этом этапе особенно важным представляется тесное сотрудничество слушателя и преподавателя, который руководит подготовкой презентации и осуществляет помощь при переводе пояснительной записки.

Важным компонентом проектной технологии является этап защиты проекта, в процессе которого оценивается уровень сформированности заявленных компетенций. На этом этапе также диагностируются презентационные умения и навыки, коммуникативная и интерактивная компетентность обучающихся [4].

Итак, к основным особенностям изучения иностранного языка в магистратуре можно отнести:

- 1) небольшое количество часов, отводимых на иностранный язык в магистратуре;
- 2) большой перерыв в изучении иностранного языка у большинства слушателей;
- 3) высокий уровень мотивированности слушателей и имеющийся у них опыт профессиональной деятельности в выбранной сфере.

Трехлетний опыт преподавания иностранных языков в магистратуре академии позволяет утверждать, что несмотря на небольшое количество часов, отводимых на дисциплину «Иностранный язык» в магистратуре, и наличие большого перерыва в обучении некоторых слушателей, решение задач, связанных с совершенствованием профессиональной иноязычной коммуникативной компетенции, представляется вполне реальным. Этому способствуют высокий уровень мотивированности слушателей и имеющийся у них профессиональный опыт, которые позволяют преодолевать трудности, связанные с большим интервалом в обучении.

Вместе с тем совершенствование профессиональной иноязычной коммуникативной компетенции за столь короткий период времени возможно только при оптимальном построении курса обучения иностранному языку, тщательном отборе лексико-грамматического и текстового материала, использовании современных методов и технологий обучения, включая информационные, которые позволяют решать одновременно несколько задач.

Большое значение имеет принцип сотрудничества между слушателями и преподавателями, особенно ярко проявляющийся при подготовке презентации в рамках метода проектов.

Изучая иностранный язык в магистратуре военного вуза, слушатели ощущают свою включенность в непрерывное образование и делают очередные «шаги» на пути непрерывной профессиональной подготовки.

Список используемых источников

1. *Римашевский А.А.* Особенности подготовки военных специалистов в обществе, основанном на знаниях // Информационное общество. – 2005. – Вып. 4. – С. 54–55.
2. *Елисеев И.Н.* Методология оценки уровня сформированности компетенций студентов // Информатика и образование. – 2012. – № 4. – С. 14–15.
3. *Зимняя И.А.* Проектная методика обучения английскому языку // Иностранные языки в школе. – 1991. – № 3. – С. 9–15.
4. *Пахаренко Н.В.* Модель определения уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 72–75.

А.В. Стешов,
кандидат военных наук, доцент

РИТОРИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО РАБОТНИКА

Раскрывается содержание понятия риторической компетентности научно-педагогического работника как системы интегративных знаний, риторических умений и способностей в форме наглядной профессиограммы. Объясняются три уровня риторической компетентности лектора.

Ключевые слова: риторика, риторический канон, профессиограмма, риторическая компетентность, уровень компетентности.

Риторическая неграмотность многих научно-педагогических работников высшей военной школы – удручающий факт. Это следствие пренебрежения риторикой в нашей стране в советский период. За последние тридцать лет значительно продвинулось возрождение риторики как отрасли педагогической науки. Сложилось понимание парадигмы, объекта, предмета и метода риторики [6, 7]. Методологические основы академической риторики [8] позволили создать научно обоснованную методику обучения будущих научно-педагогических работников основам речевой коммуникации.

Цель статьи – раскрыть содержание понятия риторической компетентности, для формирования которой создана дисциплина «Академическая риторика».

Высоким уровнем риторической компетентности отличались выдающиеся российские педагоги-ученые конца XIX в.: А.Н. Северцев, В.О. Ключевский, Т.Н. Грановский, Д.И. Менделеев, К.А. Тимирязев и мн. др. Они мастерски пользовались ораторским стилем в педагогической речевой коммуникации. В этот период расцвета университетской (теперь академической) риторики лекции в Московском университете российских ученых, академиков и профессоров являлись праздником для ума.

Сегодня авторы научных статей по проблемам риторики размышляют об идеале будущего преподавателя-ритора, владеющего педагогической и в высшей школе академической риторикой. Этот идеал еще никак не оформлен, но на повестку дня выходит риторический подход в подготовке учителей школ и преподавателей вузов к профессиональной речевой деятельности. Инициатором этого подхода является известный специалист риторики и культуры речи Л.Н. Колесникова [3–5].

В основе нового педагогического направления лежит риторический канон, состоящий из пяти этапов обучения ораторскому искусству: инвенция (изобретение мыслей), диспозиция (расположение мыслей), элокуция (словесное выражение мыслей), мемори (запоминание текста) и акцио (произнесение речи). Этот риторический канон остается неизменным уже 2,5 тысячи лет. Он являлся системной базой для преподавания риторики в России до конца XIX века.

В 1983 году, решая проблему обучения лекторов Общества «Знания», С.Ф. Иванова опубликовала схему-описание ораторской управляющей мыслеречевой деятельности, соответствующей классическому риторическому канону [1, 32]. Она назвала свою схему поэтапной ораторской деятельности «содержанием и структурой основ лекторского мастерства». Опираясь на классическую античную школу поэтапного формирования ораторских умений и методические разработки С.Ф. Ивановой, мы в течение двух десятилетий отработали систему обучения будущих научно-педагогических работников под названием «Профессиограмма риторической компетентности лектора» (рис. 1).

Термин «профессиограмма» несет смысл детального содержания всей ораторской мыслеречевой деятельности человека при подготовке к выступлению. Расположенные в строгом порядке умения (умственные действия) на профессиограмме составляют свернутую (сжатую) методику риторической разработки речи. Основное достоинство профессиограммы – панорамное представление необходимых знаний и умений, на основе которых формируются риторические способности.

Схема наглядно представляет полное содержание понятия риторической компетентности научно-педагогического работника для монологических форм речевой коммуникации в высшей школе: актовая речь, научный доклад, лекция, выступление на конференции, на ученом совете и др. Совокупность представленных на схеме знаний и умений по подготовке и произнесению речи с целью оказать желаемое воздействие на аудиторию составляет предмет классической риторики монолога.

В обозначенной цифрами последовательности ведется обучение будущих научно-педагогических работников умениям готовиться к публичной речи в рамках дисциплин «Академическая риторика» и «Коммуникативная педагогическая деятельность».

Профессиограмма дает возможность установить уровень риторической компетентности научно-педагогического работника. Чем большей совокупностью ораторских умений владеет человек, тем выше уровень его способностей. Достаточно провести тестирование знаний и выдать несколько заданий для проверки умений, и уровень риторической компетентности будет установлен достаточно точно.



Рис. 1. Профессиограмма риторической компетентности

На основании общепринятых критериев качества публичной речи и личного опыта автора статьи предлагается следующая градация уровней риторической компетентности: уровень носителя языка, уровень мастерства и уровень искусства.

Первый (репродуктивный) уровень – носителя языка. На этом уровне находится педагогический работник, не обладающий знаниями риторики, логики и социальной психологии. Он может знать «свой» предмет как специалист, но способен только читать с листа «мертвый» текст. Такие работники пытаются «оживить» предметную информацию говорением, однако, не владея техникой публичной речи, им приходится монотонно бубнить непригодный для восприятия, риторически необработанный научный текст.

Неумелое чтение текста характерно для начинающих преподавателей, педагогических работников, которым тексты пишут подчиненные, непубличных специалистов, когда им приходится выступать перед аудиторией. В риторически неграмотном стиле речи есть целый ряд недостатков для критики. Они объективны и, к сожалению, непреодолимы без длительного педагогического опыта, без специального обучения академической риторике. Как правило, молодые научно-педагогические работники начинают с этого уровня, и обойти его невозможно. Однако сократить время пребывания на этом пороговом уровне можно настойчивым совершенствованием риторической компетентности. Другого пути нет. Невозможно научиться плавать, сидя на берегу. Так же невозможно научиться мастерству публичной речи, не овладев системой риторических умений.

Читатель может спросить себя, глядя на профиограмму риторической компетентности: «А чем я владею из всей системы риторических знаний и умений и какова моя риторическая компетентность?» Думается, каждому станет ясно, на каком уровне компетентности он находится.

Работник высшей школы, не владеющий ораторской методикой, заложенной в системе риторических умений, не способен порождать мысли по предмету для своей речи и выражать их в замысле. Без замысла речи он не сможет представить развитие главной («царствующей») идеи и расположить содержание в развернутом плане. Без замысла и плана не представляется возможным детально составить композицию и написать основные тезисы (положения). Не зная ораторских средств выразительности, основ аргументации, он не сможет написать риторически обработанный текст и доступно убедить слушателей в достоверности научных идей. Все, что может риторически некомпетентный работник – это прочитать в буквальном смысле заимствованный текст из каких-либо печатных источников. Примеров таких «речей» более чем достаточно. Можно точно полагать, что педагогическая коммуникация будет неудачная, ведь для управления познанием слушателей необходимо влиять на разум и чувства слушателей, а не «бубнить» текст.

Второй (продуктивный) уровень – это уровень мастерства. На этом уровне может находиться опытный преподаватель и ученый, обладающий в достаточной степени риторической компетентностью, имеющий представление о законах речевой коммуникации, владеющий психолого-педагогическими основами образовательной деятельности и солидным опытом чтения лекций. Такой педагог лично творит замысел речи, то есть логическую стратегию развития темы, ориентируясь на предпочтения конкретной аудитории, непринужденно рассуждает в общении со слушателями, мотивирует познание предмета, легко сглаживает различные барьеры в речевой коммуникации. Этот уровень достигается многолетним опытом проведения академических лекций и конечно овладением важнейшими риторическими умениями.

Научно-педагогические работники, обладающие широкой концептуальной подготовкой, демонстрируют свободное изложение материала, осуществляют анализ проблемы, строят надежную логическую аргументацию. Выводы у таких ораторов ясные, и тема всегда завершена в рамках отведенного времени. В изречении известного немецкого педагога А. Дистеверга: «Плохой учитель сообщает истину, а хороший – учит ее находить» явно просматриваются два уровня риторической компетентности.

Третий (интегративный) уровень – это уровень искусства. Во все времена не многим удалось достичь этого уровня. К сожалению, традиция высокой риторической компетентности педагогов-ученых России во второй половине XIX века утрачена.

На основе каких признаков можно судить об уровне ораторского искусства научно-педагогического работника? В первую очередь к ним следует отнести следующие:

– свободное владение обширной информацией и умение творчески публично рассуждать по теме;

- демонстрация ясного логического мышления;
- умение убеждать и доказывать основные положения;
- активизацию памяти обучающихся путем подключения ассоциаций;
- постоянное оценивание реакций аудитории и корректировка текста;
- четкое распределение времени на осмысление информации;
- уместное использование юмора и артистичности;
- независимость в суждениях и устремленность в будущее науки;
- использование ораторских средств выразительности;
- генерацию эмоционального отклика у слушателей;
- речевое воспитание силой своего ораторского искусства.

Среди большого количества вузовских работников редко можно встретить преподавателя, полностью соответствующего признакам компетентности высшего уровня. «Много званых пойти в учителя, да мало избранных, способных гармонично развивать личность, а из личности сотворить индивидуальность» (Астрогор). Но путь к вершине академического красноречия открыт для всех.

Познакомиться с воспоминаниями слушателей о лекциях выдающихся ученых-профессоров России, владевших в совершенстве лекторским искусством, можно в ряде работ [5, 8, 10].

Риторическая компетентность высшего уровня – это интегративная многокомпонентная способность воплощать в публичной речи триединство силы ума, дара слова и роскоши общения. Каждой составляющей этого триединства соответствует свой набор способностей.

К силе ума относятся:

- способность творить мысли, генерировать новые идеи;
- способность к символическому и синергетическому мышлению;
- способность к глубинному функционированию ума (сферное мышление, радиантное мышление, системное мышление, диалектическое мышление).

К дару слова относятся:

- способность пользоваться родным языком на уровне писателя, диктора радио и телевидения, поэта, журналиста или артиста словесных жанров;
- способность логически правильно строить рассуждения;
- способность кодировать мысли в риторические формы, образы и символы языка;
- способность переводить информацию из книжного (научного) стиля в популярный или ораторско-публицистический стиль.

К роскоши общения относятся:

- способность длительно поддерживать контакт, вести диалог;
- способность влиять на людей и подчинять их своей воле;
- способность слушать, понимать и договариваться.

Как видим, риторическая компетентность на самом высоком уровне представляет собой сочетание трех компетентностей в интегративной характеристике личности лектора, свойственной выдающимся ораторам. Не случайно слова лектор и оратор созвучны. Вот почему высший уровень риторической компетентности научно-педагогического работника именуется ораторским искусством лектора, а лекция в вузе является высшей формой академической риторики.

Если профессор способен подготовить такую речь, если его лекции ждут как праздник для ума, тогда его с полным основанием можно именовать преподаватель-ритор. У нас есть хорошая перспектива.

Список используемых источников

1. *Иванова С.Ф.* Лекторское мастерство. – М.: Знание, 1983. – 112 с.
2. *Колесникова Л.Н.* Культура речевой деятельности преподавателя // Мир русского слова. – 2004. – № 3.
3. *Колесникова Л.Н.* Риторический подход в концепции современного образования // Альма-матер. – 2006. – № 11.
4. *Колесникова Л.Н.* Имидж современного педагога-ритора // Материалы второй международной научно-практической конференции. – Орел, 2006.
5. *Михневич А.Е.* Ораторское искусство лектора: хрестоматия. – М.: Знание, 1986. – 256 с.
6. *Стешов А.В.* Парадигма и метод риторики // Записки горного института. – 2005. – Т. 160 (1). – С. 84–89.
7. *Стешов А.В.* Учебная дискуссия. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. – 159 с.
8. *Стешов А.В.* Ораторское искусство высшей военной школы. – Л.: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1990. – 296 с.
9. *Фалькович Э.М.* Искусство лектора. – М., 1960. – 264 с.
10. *Чихачёв В.П.* Лекторское красноречие русских ученых XIX века. – М.: Знание, 1987. – 96 с.

А.В. Тарасов,
кандидат военных наук;
Е.В. Шалонов,
кандидат военных наук

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ ПО ПСИХОЛОГО- ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ С ОФИЦЕРАМИ КУРСОВОГО ЗВЕНА ВОЕННО-КОСМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ ИМЕНИ А.Ф. МОЖАЙСКОГО

Психолого-педагогическая подготовка офицеров ротного (курсового) звена является одним из основных направлений деятельности командиров (начальников) всех степеней. Для методического обеспечения этого вида подготовки Главным управлением по работе с личным составом ВС РФ (далее по тексту – ГУРЛС ВС РФ) созданы учебные видеофильмы. В то же время демонстрация видеофильма не должна заменять непосредственное общение руководителя группы с обучаемыми при проведении занятий по психолого-педагогической подготовке с офицерами курсового звена. В статье авторы предлагают методику применения учебных видеофильмов, которая используется в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского.

Ключевые слова: психолого-педагогическая подготовка, методическое обеспечение, учебные видеофильмы.

ВВЕДЕНИЕ

Формой методической подготовки офицеров ротного (курсового) звена является психолого-педагогическая подготовка, которая оказывает существенное влияние на качество исполнения ими своих должностных обязанностей [1, 2]. Главным управлением по работе с личным составом ВС РФ создаются учебные видеофильмы по формам и методам работы с личным составом, профилактике различных видов правонарушений, методике поддержания правопорядка и укрепления воинской дисциплины. Каждому направлению соответствует конкретный фильм [3, 4].

Демонстрация видеофильма представляет собой одно из методических средств повышения эффективности занятий по психолого-педагогической подготовке, совершенствования методики их проведения и не предполагает замену непосредственного общения руководителя группы с обучаемыми.

Необходимо подчеркнуть, что учебные видеофильмы целесообразно использовать как на занятиях с офицерами курсового звена в рамках Дня курсового офицера, который проводится в масштабах всей академии, так и в ходе занятий в подразделениях под руководством начальников факультетов.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД РУКОВОДИТЕЛЕМ, ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ВНЕДРЕНИИ УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ В ПРАКТИКУ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ

В чем отличительная особенность использования видеофильмов на занятиях по психолого-педагогической подготовке?

Активное использование учебных видеофильмов в ходе занятий по психолого-педагогической подготовке позволяет средствами эмоционально-художественного воздействия, силой примера, яркими кинообразами возбудить интерес и активность обучаемых на занятиях; повысить эффективность восприятия, запоминания и усвоения учебного материала.

ла; ускорить процесс формирования у начальников курсов и курсовых офицеров необходимых качеств офицера-педагога; обеспечить в ходе самостоятельной подготовки возможность качественного повторения изученного материала [5].

В целях наиболее широкого использования и внедрения учебных видеофильмов в практику проведения занятий по психолого-педагогической подготовке должностным лицам академии необходимо решить следующие задачи:

а) обеспечить гармоничное сочетание основных форм проведения занятий по психолого-педагогической подготовке с возможностями новых информационных технологий;

б) организовать изучение руководителями занятий и руководителями учебных групп видеоматериалов, поступивших из ГУРЛС ВС РФ и имеющихся в Воздушно-космических силах, побудить их к творческому использованию видеофильмов и видеофрагментов на занятиях;

в) организовать обучение руководителей занятий и руководителей учебных групп методике применения учебных видеофильмов и освоение ими методов практического проведения занятий с использованием видеоматериалов;

г) организовать обобщение и распространение передового опыта применения видеофильмов и других современных информационных технологий при проведении занятий по психолого-педагогической подготовке.

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ

В зависимости от времени и порядка демонстрации, места и роли руководителя группы в организации занятия можно выделить два основных метода использования учебных видеофильмов: последовательный и параллельный [6].

При *последовательном методе* видеофильм демонстрируется полностью, без перерывов, от начала до конца, с последующими пояснениями и обсуждением просмотренного материала с учебной группой. В этом случае целесообразно построение занятия в два этапа.

1 этап (1 час) – просмотр фильма.

Порядок построения занятия включает следующие элементы:

– вступительное слово руководителя занятия (до 5 мин), в котором разъясняется актуальность и важность темы, порядок ее изучения; формулируются учебные цели занятия, обращается внимание на те блоки и фрагменты фильма, содержание которых необходимо усвоить особенно глубоко; создается эмоциональный заинтересованный настрой у слушателей на восприятие фильма;

– демонстрация фильма (30–40 мин). В ходе демонстрации руководитель занятия (учебной группы) следит за аудиторией, определяя по реакции группы наиболее интересные для нее эпизоды, намечая дополнительные вопросы для последующего развернутого обсуждения. При необходимости по ходу фильма он добивается активизации внимания слушателей на том или ином видеофрагменте короткими и уместными комментариями с использованием приема «интрига» или постановочными вопросами.

После завершения демонстрации руководитель занятия (учебной группы) проводит разбор увиденного (15–20 мин), в ходе которого выясняет отношение аудитории к просмотренному фильму, ее оценки, уточняет, какие эпизоды произвели на слушателей наибольшее впечатление (не углубляясь, однако, в их пересказ и анализ), какие вопросы по содержанию видеоматериала возникли в ходе просмотра. На некоторые из них, требующие простого и однозначного ответа, руководитель занятий (учебной группы) может ответить сразу. Вопросы же, поднимающие глубокие проблемы либо носящие спорный характер, с методической точки зрения будет правильно обратиться к самим слушателям, оставив их для обсуждения на следующем занятии в качестве дискуссионных либо превратив в практическое (индивидуальное) задание одному из слушателей.

II этап (1 час) – беседа с использованием видеофильма.

Занятие проводится в форме беседы по материалу, изученному офицерами самостоятельно, и по просмотренному видеофильму. Возможно использование элементов дискуссии, деловой игры, выступающих основными смысловыми и логическими блоками занятия.

Беседа начинается вступительным словом руководителя занятий (учебной группы), в котором он напоминает слушателям о теме занятия, основных источниках и учебных целях нынешнего занятия, призванного подвести итог, дать ответы на возникшие вопросы, привести приобретенные знания в единую, стройную систему. Начинать беседу можно и с выяснения, что слушатели знают о поднятой проблеме (наркомании, нарушениях уставных правил взаимоотношений и т. д.), какие проблемы и трудности встретились им в процессе практической работы. Все это руководитель берет на заметку.

В ходе занятия рекомендуется проводить одну-две дискуссии по 10–15 мин каждая. При этом, если дискуссия планируется в начале занятия, в качестве постановочного желательно избрать не частный, а общий вопрос, позволяющий охватить всю тему целиком или проникнуть в ее замысел (стержневую идею). Количество вопросов, выносимых на обсуждение, подбирается с таким расчетом, чтобы в отведенное на занятие время их можно было рассмотреть без спешки, дать возможность выступить всем желающим, подвести итоги.

Важно, чтобы слушатели шли на занятие с твердой уверенностью, что здесь их ждет совместная интересная работа, дающая пищу уму и помогающая в жизни и службе. Поэтому нельзя начинать и проводить беседу по раз и навсегда заведенному порядку, а необходимо разнообразить подходы, методы и формы проведения.

Затем, с учетом просмотренного на первом занятии видеоматериала и прозвучавших сразу после его окончания вопросов, руководитель занятия (учебной группы), используя методические приемы «провокации», сопоставления различных точек зрения, драматизации, сопереживания и т. д., формулирует вопрос для завязки дискуссии.

При необходимости, чтобы «раскачать», «разговорить» аудиторию, разбудить у офицеров работу мысли, желание открыто излагать свои мнения и отстаивать их, в качестве оппонента, «имеющего особую точку зрения по рассматриваемому вопросу», по предложению руководителя, первым может выступить заранее подготовленный офицер из числа наиболее опытных и авторитетных начальников курсов.

Управляя дискуссией, руководитель занятий (учебной группы) дополнительными, направляющими вопросами направляет ее ход в русло коллективного поиска всех «за» и «против», аргументов и фактов, подводящих слушателей к правильным выводам. При этом время от времени, чтобы вовлечь в дискуссию большую часть слушателей, он ставит перед аудиторией вопросы, превращающие группу в экзаменаторов, а отвечающего – в экзаменуемого: «Все ли согласны с позицией майора Иванова?», «Как вы считаете, во всем ли прав капитан Петров?», «Какие из аргументов лейтенанта Васильева, на ваш взгляд, не верны?» и т. д.

Для более глубокого и четкого уяснения материала отдельные фрагменты видеофильма могут демонстрироваться повторно: перед постановкой вопроса к аудитории (форма, используемая в телевикторине «Что? Где? Когда?») и после всех ответов слушателей для установления истины и подведения итогов обсуждения.

В процессе коллективного обсуждения руководитель должен управлять аудиторией, следить за тем, чтобы как можно больше слушателей участвовали в обсуждении. Руководитель должен дать возможность высказаться до конца всем желающим, в то же время не позволять некоторым слушателям злоупотреблять вниманием аудитории, что бывает очень часто. Вместе с тем не стоит грубо обрывать говорящего или демонстративно не давать слова такому слушателю. Достаточно сказать: «Мы уже выслушали ваше мнение...» или «Нам ясна ваша точка зрения...» и т. п.

Руководитель не должен забывать также о слушателях, которые не участвуют в обсуждении. Их постепенно надо приобщить к разговору, обращаясь с вопросами: «Согласны ли вы с

мнением выступающего?», «Интересно узнать ваше мнение?», «А как обстоят дела по данному вопросу на Вашем курсе?» и т. п.

Самый сложный и важный этап в процессе коллективного обсуждения – обобщение мнений, высказанных слушателями. Здесь не может быть готовых методических рецептов, как убедить ваших слушателей. Главную роль будет играть авторитет, но авторитет не должности, а знаний и практического опыта руководителя и используемых им аргументов.

Занятие завершается подведением итогов и выставлением оценок. В заключительном слове руководитель занятий (учебной группы) подчеркивает позиции, по которым выработана единая точка зрения, высказывает свое мнение по тем проблемам, при обсуждении которых взаимопонимания не достигнуто.

При *параллельном методе* видеофильм демонстрируется не весь полностью, а смысловыми фрагментами по ходу рассмотрения учебных вопросов темы. В этой связи возможно два подхода к использованию видеофильма: демонстрация его в качестве иллюстрации и в качестве постановки проблемы.

В качестве иллюстрации фильм демонстрируется периодически для подтверждения положений, рассмотренных устно. При необходимости могут использоваться видеофрагменты из нескольких фильмов. Количество фрагментов должно быть небольшим, но достаточным для раскрытия вопросов темы. В течение одного учебного часа допустима демонстрация 1–2 фрагментов по 3–5 мин каждый. В ходе двухчасового занятия целесообразно использовать не более 4–5 показов по 5–7 мин.

Использование видеофильма в качестве постановки проблемы предполагает предварительное вступление, где формулируется проблема, с последующим показом соответствующего сюжета (фрагмента) фильма. После чего руководитель занятия организует обсуждение проблемы.

Следует подчеркнуть, что параллельный метод используется в том случае, когда руководитель занятий (учебной группы) имеет хорошую подготовку, технические возможности позволяют смонтировать качественный фрагментарный материал, достаточно высок уровень подготовки офицеров в группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование учебных видеофильмов представляет собой один из путей повышения результативности занятий по психолого-педагогической подготовке. Эта форма, с одной стороны, существенно поможет руководителю занятия в решении учебных и воспитательных задач, а с другой – требует от него дополнительных знаний, умений и опыта.

Перечисленные методы и варианты проведения занятий с использованием видеофильмов не исчерпывают всех возможностей применения видеотехники. Они являются ориентиром в творческом поиске каждого руководителя занятия (учебной группы).

Список используемых источников

1. Об организации работы с личным составом в Вооруженных Силах Российской Федерации: Приказ Министра обороны Российской Федерации от 12 октября 2016 года № 655. – URL: mil.ru (дата обращения: 15.05.2016).

2. Основы организации воспитательной работы в военно-учебных заведениях Министерства обороны Российской Федерации / Приложение к указаниям статс-секретаря – заместителя Министра обороны Российской Федерации 2008 года №172/1/6423. – URL: mil.ru (дата обращения: 12.05.2016).

3. Колесникова И.А. Коммуникативная деятельность педагога. – М.: Академия, 2007.

4. Военная педагогика: учебник / под ред. О.Ю. Ефремова – СПб.: Питер, 2015. – 640 с.
5. Организация работы с личным составом в Вооруженных Силах Российской Федерации: учеб. пособие / И.В. Дурнов, А.Е. Теренин, Е.Л. Кутузов и др.; под общ. ред. А.В. Тарасова. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2016. – Ч. I: Военная педагогика и психология. – 139 с.

А.А. Архангельский,
кандидат техн. наук;
О.В. Жердев,
кандидат юридических наук

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ВЕДОМСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

Рассматриваются правовые основы создания сетей связи, принципы регламентации и регулирования их деятельности на международном уровне и в пределах Российской Федерации, порядок формирования международных и национальных таблиц распределения радиочастот.

Ключевые слова: международный союз электросвязи, международная таблица распределения частот, радиочастотный спектр, радиочастотный ресурс, распределение радиочастот, национальная таблица распределения частот.

ВВЕДЕНИЕ

Работа носит обзорный характер и посвящена правовым основам международной и национальной регламентации в области связи для наземных и космических систем, распределению радиочастотного ресурса, порядку использования радиочастотных диапазонов, национальному регулированию работы операторов в области телекоммуникаций на территории Российской Федерации на основе Федерального закона «О связи».

Актуальность данной темы определяется необходимостью обобщения разрозненных материалов и изложения их в едином тексте, посвященном предварительной оценке проблем, возникающих при проектировании и создании ведомственной информационной сети (ВИС).

Правовая база формирования ВИС включает в себя две основные области по отношению к организации, которая будет использовать ВИС, внутреннюю и внешнюю.

Функционирование внутренней части технических средств ВИС определяется законами, регламентами, уставами и другими документами, по принадлежности данной системы и формирует порядок использования отдельных элементов ВИС.

Функционирование внешней части ВИС регулируется международными нормативными документами, законодательством Российской Федерации (России), нормативными правовыми актами Президента России, нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации и издаваемыми в соответствии с ними нормативными правовыми актами федеральных органов, а также документами министерства связи, материалами ГОСТ и отраслевыми руководящими документами (РД).

Основной областью регулирования на международном и национальном уровнях являются вопросы, связанные с распределением частот и орбитально-частотного ресурса между странами, а на национальном уровне – между системами и регионами.

МЕЖДУНАРОДНАЯ И НАЦИОНАЛЬНАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ

Управлять использованием спектра на международном уровне необходимо в связи с тем, что радиочастотный спектр (РЧС) – это ограниченный природный ресурс и его следует использовать рационально, чтобы страны и группы стран имели равноправный доступ к нему [1–4].

Правительства стран, которые ратифицировали Устав и Конвенцию Международного союза электросвязи (МСЭ), берут на себя обязательства:

- применять в своих странах положения Устава и Конвенции МСЭ;
- принять соответствующие национальные законодательные акты, в которые в обязательном порядке должны быть включены основные положения условий этих международных договоров.

В МСЭ существуют три сектора: Сектор радиосвязи, в состав которого входит Бюро радиосвязи (БР) и Радиорегламентный комитет (РРК), Сектор развития электросвязи, в состав которого входит Бюро развития электросвязи (БРЭ) и Сектор стандартизации электросвязи.

Основным документом, определяющим порядок управления использованием РЧС на международном уровне, является «Регламент радиосвязи» (РР) МСЭ, содержащий Международную таблицу распределения частот (МТРЧ) между службами.

«Регламент радиосвязи» представляет собой сборник основных международных постановлений, принятых Всемирными административными радиоконференциями. В нем даны определения терминов, относящихся к распределению радиочастотного спектра, к параметрам излучения радиосредств, к классификации излучений. Специальные главы Регламента посвящены порядку международного присвоения частот и координации действий стран в области использования частот, а также мерам, применяемым против радиопомех, существенную часть РР занимает МТРЧ.

Международная ТРЧ содержит блоки распределения частот между радиослужбами и примечания к ним. Весь диапазон радиочастот (9 кГц – 400 ГГц) разбит на участки, которые распределены между более чем 40 радиослужбами, определенными Регламентом радиосвязи.

На национальном уровне в России основными документами, определяющими порядок управления РЧС, являются: национальная таблица распределения частот (НТРЧ) [5], решения Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) и положения о порядке рассмотрения материалов, проведения экспертизы и принятия решения о выделении полос радиочастот для радиоэлектронных средств (РЭС) и высокочастотных устройств и о порядке проведения экспертизы, рассмотрения материалов и принятия решения о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов для РЭС в пределах выделенных полос радиочастот.

РАДИОЧАСТОТНЫЙ РЕСУРС И РАДИОСЛУЖБЫ

К особенностям радиочастотного ресурса (РЧР) относятся:

- глобальная доступность – это общий для всех стран ресурс, используемый ими с соблюдением международных правил;
- РЧР не является вещественным объектом (существует в виде электромагнитных полей), поэтому доступ к нему может быть осуществлен только в форме права пользования.

РЧР имеет следующие свойства:

- неоднородность – неравномерность отдельных участков спектра, обусловленная свойствами распространения радиоволн различных диапазонов;
- ограниченность – наличие определенной емкости;
- неистощаемость – радиоспектр многократно используется, но не расходуется;
- многократность использования, основанная на комбинированном применении факторов времени, пространства, частоты, а именно, использование электромагнитного излучения одинаковой частоты без взаимного влияния возможно: на разных территориях одновременно (пространственное разнесение); в разное время в одном пространстве (разнесение по времени); одновременно в одном пространстве на разных частотах (разнесение по частотам).

Радиочастотный спектр (РЧС) – это физическое понятие, которое определяет свойства электромагнитного поля и обычно не является объектом принадлежности или собственности.

Радиочастотный ресурс (РЧР), в том числе и орбитально-частотный ресурс (ОЧР), – это совокупность возможных для использования электромагнитных полей, создаваемых в целях передачи (приема) информации или энергии.

В отличие от спектра радиочастотный ресурс (РЧР) может быть привязан к территориям различных государств, для него может быть определена принадлежность, например территориальная или ведомственная.

Перечень основных радиослужб России приведен в соответствии с основным документом, которым является Постановление Правительства Российской Федерации от 21.12.2011 № 1049-34 «Об утверждении Таблицы распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации» [5].

В качестве примера приведем краткие описания нескольких радиослужб:

1) «воздушная радионавигационная» – радионавигационная служба, предназначенная для обслуживания воздушных судов и обеспечения безопасности их эксплуатации;

2) «Земля – космос» – радиолиния передачи информации с земной станции на космическую станцию;

3) «космическая радиосвязь» – любая радиосвязь, при которой используется одна либо несколько космических станций, или один либо несколько отражающих спутников, или другие объекты в космосе;

4) «космос – Земля» – радиолиния передачи информации с космической станции на земную станцию;

5) «космос – космос» – радиолиния передачи информации между космическими станциями;

6) «подвижная» – служба радиосвязи между подвижной и сухопутной станциями или между подвижными станциями;

7) «радиоастрономическая» – служба, осуществляющая применение радиоастрономии;

8) «служба космических исследований» – служба радиосвязи, в которой космические аппараты или другие объекты в космосе используются для целей научных или технических исследований.

В табл. 1 приведены границы частотных полос, которые являются основным элементом распределения.

Таблица 1

Границы частотных полос

Границы полос	Наименование полос
3...30 кГц 100...10 км	Очень низкие частоты (ОНЧ – VLF) Мириаметровые (сверхдлинные) волны
30...300 кГц 10...1 км	Низкие частоты (НЧ – LF) Километровые (длинные) волны
300...3000 кГц 1000...100 м	Средние частоты (СЧ – MF) Гектометровые (средние) волны
3...30 МГц 100...10 м	Высокие частоты (ВЧ – HF) Декаметровые (короткие) волны
30...300 МГц 10...1 м	Очень высокие частоты (ОВЧ – VHF) Метровые волны
300...3000 МГц 10...1 дм	Ультравысокие частоты (УВЧ – UHF) Дециметровые волны
3...30 ГГц 10...1 см	Сверхвысокие частоты (СВЧ – SHF) Сантиметровые волны
30...300 ГГц 10...1 мм	Крайне высокие частоты (КВЧ – EHF) Миллиметровые волны

Для отдельных полос спектра введены ограничения, в частности, использование полос радиочастот 174,8–182 ГГц и 185–190 ГГц межспутниковой службой ограничивается спутниками на геостационарной орбите.

Для обозначения различных статусов полос радиочастот в международной практике используют следующие термины: распределение, выделение и присвоение радиочастот.

Распределением радиочастот называется предоставление радиочастот или полос радиочастот радиослужбам. Документом, фиксирующим распределение радиочастот, служит «Таблица распределения частот».

Выделением радиочастот называется предоставление радиочастот или полос странам или зонам мира. Документом, реализующим выделение радиочастот, является всемирный или региональный план, охватывающий определенную радиослужбу.

Присвоением радиочастот называется предоставление частот или полос радиочастот конкретному радиоэлектронному средству. Такое присвоение производится соответствующим радиочастотным органом в стране, а в случае Международной регистрации – Радиорегламентным комитетом Сектора радиосвязи МСЭ.

Страна, планирующая создание системы спутниковой связи (ССС), заранее публикует ее основные характеристики и согласует их со всеми владельцами соседних СССР. Причем если спутник не введен в действие в установленные сроки, то нереализованный орбитально-частотный ресурс аннулируется МСЭ и поступает в общий банк ресурсов для дальнейшего использования другими СССР.

В Российской Федерации проблемы государственного регулирования использования РЧР Правительство страны делегировало Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) при Мининформсвязи России, радиочастотной службе (РЧС) и Государственному комитету по надзору за связью в Российской Федерации (Госсвязьнадзор) [8, 9].

Законом установлено, что регулирование использования радиочастотного спектра является исключительным правом государства, которое осуществляется с учетом международных обязательств Российской Федерации.

Действующим документом, определяющим возможности, права и обязанности субъектов в области связи, является Федеральный закон от 07.07.2003 № 126-ФЗ (ред. от 06.07.2016) «О связи», который вступил в силу с 01 января 2004 года [3, 4].

В статье 4 Федерального закона «О связи» (далее – Закон) указаны источники законодательства Российской Федерации в области связи. Это, прежде всего Конституция России, настоящий Федеральный закон и другие федеральные законы, а также международные договоры.

Далее отмечено, что отношения, связанные с деятельностью в области связи, регулируются также нормативными правовыми актами Президента России, нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации и издаваемыми в соответствии с ними нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти [3,4].

Создаваемая сеть связи ВИС будет находиться в федеральной собственности, но сети, которые будут подсоединены к ВИС, могут находиться в собственности субъектов Российской Федерации, юридических и физических лиц.

При подключении сетей связи к ВИС следует учитывать форму собственности сетей, элементов, систем связи. При подключении должно быть введено ограничение на использование национальных сетей юридических и физических лиц без участия России и на использование сетей, находящихся во владении юридических и физических лиц иностранных государств. В соответствии с этим должен корректироваться перечень сетей общего пользования, которые подключаются к ВИС.

Статья 5 Закона предусматривает многообразие форм собственности на средства связи, что необходимо учитывать при организации ВИС на всех этапах создания (проектирование, строительство, модернизация).

Статья 8 Закона определяет порядок регистрации прав собственности объектов связи (сооружения, спутники и т. д.), передачу прав собственности и других вещных прав и ограничения. В частности, переход прав собственности на космические объекты связи не влечет за собой передачу права на использование орбитально-частотного ресурса.

В статье 16 Федерального закона «О связи» указана область применения сетей связи специального назначения и определен порядок их использования.

Для сетей связи специального назначения характерны следующие признаки:

- предназначены для нужд государственного управления, обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка (т. е. ограничен круг пользователей);
- не могут использоваться для платного оказания услуг связи (за исключением случаев, установленных законодательством Российской Федерации);
- порядок осуществления связи определяется законодательством Российской Федерации;
- финансирование осуществляется (в основном) из средств федерального бюджета.

Статья 22 Закона регулирует использование радиочастотного спектра и определяет полномочия Государственной комиссии по радиочастотам.

Срок действия свидетельства о регистрации высокочастотных устройств, а также радиоэлектронных средств, для которых не требуется разрешение на использование радиочастот (радиочастотных каналов), составляет 10 лет, если заявителем не указан меньший срок.

Право на использование полос радиочастот предоставляется конкретному субъекту, и по общему правилу это право не подлежит передаче. В то же время Закон допускает возможность передачи данного права одним пользователем радиочастотным спектром другому пользователю на основании решения государственной комиссии по радиочастотам или предоставившего это право органа.

В основу распределения радиочастотного спектра положены «Таблица распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации» и план перспективного использования радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами [5]. Указанные документы разрабатываются государственной комиссией по радиочастотам и утверждаются Правительством Российской Федерации.

Законом предусмотрен обязательный пересмотр «Таблицы распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации», который должен проводиться не реже чем один раз в четыре года, а также пересмотр плана перспективного использования радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами – не реже чем один раз в десять лет.

ГКРЧ организует работу по распределению, присвоению и использованию РЧР и ОЧР и обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС), выпускаемых национальными и зарубежными производителями [5, 8, 9].

Работы, которые проводит ГКРЧ, предшествуют согласованию возможности использования запрашиваемых радиочастот или радиочастотных каналов для РЭС гражданского назначения и их ЭМС с действующими и планируемыми для использования РЭС, обеспечивающими связь для нужд органов государственной власти, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка:

- расчет электромагнитной совместимости заявленных РЭС с действующими и планируемыми для использования РЭС гражданского назначения и РЭС иностранных государств (далее расчет ЭМС);
- определение необходимости проведения процедуры международной правовой защиты использования присвоений (назначений) радиочастот или радиочастотных каналов.

Одним из принципов использования радиочастотного спектра является платность. Законом определены общие условия оплаты. Порядок оплаты регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.03.2011 № 171 (ред. от 01.11.2016) «Об установлении размеров разовой платы и ежегодной платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра и взимания такой платы». Предусмотрена разовая плата и ежегод-

ная плата за использование радиочастотного спектра, при этом Законом установлено, что размеры разовой платы и ежегодной платы должны устанавливаться дифференцированно в зависимости от используемых диапазонов радиочастот, количества радиочастот и применяемых технологий [6, 7].

Важным документом, определяющим правила выделения радиочастот является «Порядок проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот» от 20 декабря 2011 г. № 11-13-02 [9].

Пунктом 1 статьи 69 Федерального закона «О связи» подтверждается обязательство Российской Федерации соблюдать общепризнанные принципы и нормы международного права, а также международные договоры с участием Российской Федерации в области связи.

Пунктом 2 этой же статьи определяется правовой режим и условия деятельности иностранных организаций и иностранных граждан, осуществляющих деятельность в области связи на территории Российской Федерации.

В данной статье Закона определено, что правовым режимом, установленным для граждан Российской Федерации и российских организаций, иностранные субъекты могут пользоваться в той мере, в какой указанный режим предоставляется соответствующим государством гражданам Российской Федерации и российским организациям.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПО ВЫСОТНЫМ И ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ОБЛАСТЯМ ПРИМЕНЕНИЯ ДОГОВОРОВ

Кроме вопросов, находящихся в ведении законодательства Российской Федерации есть ряд вопросов, которые относятся к области международного права, но не урегулированы в форме рекомендаций, актов или договоров.

Одним из примеров является проблема возмещения ущерба, причиненного космическими объектами, и связанное с этим определение границ действия объектов космического и воздушного права.

Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами (1972) устанавливает, что запускающее государство несет абсолютную ответственность за выплату компенсации за ущерб, причиненный его космическим объектом на поверхности Земли или воздушному судну в полете [10].

Положения применяемых нормативных актов, а также мнения большинства ученых-юристов позволяют заключить, что пространственная сфера действия принципов и норм воздушного права по вертикали определяется физическими свойствами атмосферы, плотность которой убывает по мере удаления от земной поверхности, достигая минимальных значений, близких к вакууму, на высоте 100–110 км над уровнем моря.

Существенные вопросы остаются не решенными по отношению к правовым принципам дистанционного зондирования Земли из космоса, когда это зондирование производится на территории иностранных государств.

В 1975–1976 годах возникла весьма острая проблема, касающаяся правового регулирования условий использования геостационарной орбиты, из-за того, что группа государств заявила о своих особых правах, вплоть до осуществления своего суверенитета, в отношении участков геостационарной орбиты, расположенных над их территориями. Указанные претензии экваториальных стран были отвергнуты другими государствами, но в договорном порядке вопрос о геостационарной орбите не урегулирован.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании ВИС следует учитывать следующие обстоятельства:

- необходимость международной регистрации спутникового РЧР;
- платность частотного ресурса и услуг операторов связи за пределами ВИС;
- разнообразие форм собственности существующих операторов связи;
- отсутствие полного урегулирования на международном уровне ряда проблем, связанных с определением области действия договоров по географическим и высотным признакам.

В данной работе изложены основные проблемы, возникающие при деятельности в области телекоммуникаций и создании новых сетей связи, в частности, условия деятельности иностранных организаций и иностранных граждан в работе операторов связи на территории Российской Федерации.

Положения и рекомендации, сформулированные в статье достаточно обоснованы, поскольку опираются на тексты действующих в настоящее время международных рекомендаций, законов и постановлений соответствующих министерств и ведомств Российской Федерации, отраслевых руководящих документов. Эти положения могут использоваться на предварительных этапах проектирования при создании новых или объединении существующих сетей связи и информационных систем.

Список используемых источников

1. Устав Международного союза электросвязи. – Женева, 1992. – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW121851_0_12_4_12_231_20170024_171400_53356.rtf (дата обращения: 30.07.2016).
2. О деятельности Регионального содружества в области связи: Решение Совета глав правительств СНГ (Вместе с "Отчетом...", "Структурой РСС") – Минск. 2013. – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW176590_0_20170020_171359_54471 (дата обращения: 30.07.2016).
3. О связи: Федеральный закон от 07.07.2003 № 126-ФЗ (ред. от 06.07.2016). – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW121451_0_DFDEE1C7E46088E3825702FAA1F861BA20170024_171400_53489 (дата обращения: 30.07.2016).
4. Комментарий к федеральному закону «О связи» (постатейный) (Л.К. Терещенко). М.: ЗАО Юстицинформ, 2005. – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW201564_0_20170025_141644_54841 (дата обращения: 30.07.2016).
5. Об утверждении «Таблицы распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации»: Постановление Правительства Российской Федерации от 21.12.2011 № 1049-34. – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW125926_0_20170024_171400_54515 (дата обращения: 30.07.2016).
6. Об установлении размеров разовой платы и ежегодной платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра и взимания такой платы: Постановление Правительства Российской Федерации от 16.03.2011 № 171 (ред. от 01.11.2016). – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW211337_0_FEF1E5D4D577205AA05CB7202658E19D20170024_171400_54840 (дата обращения: 01.11.2016).
7. Об установлении размеров платы за использование в Российской Федерации радиочастотного спектра по разрешениям на использование радиочастот или радиочастотных каналов: Приказ Роскомнадзора России от 24.04.2014 № 340-рчс (ред. от 07.12.2016). – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/EXP606554_0_20170024_171402_54829 (дата обращения: 07.12.2016).

8. Об утверждении Положения о Государственной комиссии по радиочастотам: Постановление Правительства Российской Федерации от 02.07.2004 № 336 (ред. от 30.04.2016). – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW197697_0_20170024_171400_54635 (дата обращения: 30.07.2016).

9. Об утверждении Порядка проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот: Решение ГКРЧ при Минкомсвязи России от 20.12.2011 №11-13-02 (ред. от 07.11.2016). – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/EXP606554_0_20170024_171402_54829 (дата обращения: 07.11.2016).

10. Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами. – Москва, Лондон, Вашингтон. 1972 г. – URL: http://www.consultant.ru/cons/rtfcache/LAW200302_0_20170020_171359_54682 (дата обращения: 30.07.2016).

Н.В. Зрянина,
кандидат медицинских наук;
В.А. Кулганов,
доктор медицинских наук; профессор;
А.Г. Яковлев,
кандидат медицинских наук
ВМедА, г. Санкт-Петербург

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Одной из тенденций развития современных Вооруженных сил Российской Федерации является возрастание роли компьютерных информационных технологий для решения задач управления силами и средствами. На этом фоне количество пользователей персональных электронно-вычислительных машин в ВС РФ будет неуклонно расти. Это обуславливает необходимость совершенствования системы охраны труда и здоровья пользователей персональных компьютеров (ПК), которая не отвечает в большинстве случаев санитарно-гигиеническим нормативам и создает угрозу для их здоровья. Проведены гигиенические, социологические и санитарно-микробиологические исследования по изучению условий труда пользователей ПК. По степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов установлен класс условий труда пользователей ПК. По данным анкетирования изучены организационно-административные, инженерно-технические и медицинские мероприятия, проводимые в воинских частях и учреждениях Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ) в отношении пользователей ПК. Результаты санитарно-микробиологических исследований выявили отдельные рабочие поверхности ПК (в частности, клавиатуру) как факторы риска распространения возбудителей инфекционных заболеваний.

Ключевые слова: персональный компьютер, условия труда, военнослужащие.

ВВЕДЕНИЕ

Для большинства современных военных профессий в связи с их компьютеризацией характерны ускоренный темп работы, резкое увеличение объема и разнородности получаемой информации и дефицит времени для принятия решений, а также возрастание социальной значимости этих решений и личной профессиональной ответственности. В то же время по данным отечественных и зарубежных авторов работающие на ПК подвергаются воздействию неблагоприятных факторов производственной среды физической, химической и биологической природы, а также зрительным, локальным мышечным и нервно-психическим нагрузкам [1, 2, 5–10, 12]. Чаще всего они возникают при несоблюдении режима труда и отдыха, нарушениях в оборудовании рабочего места, несвоевременном обнаружении вредных и опасных факторов на рабочем месте и отсутствии медицинского контроля за условиями труда и состоянием здоровья пользователей ПК [3, 4, 11]. По мнению ряда авторов [2, 4, 6, 8, 11], невыполнение требований руководящих документов по проведению организационно-административных, инженерно-технических и медицинских мероприятий в отношении пользователей ПК приводит к тому, что значительная их часть работает в условиях, которые неблагоприятно влияют на состояние их здоровья.

Принципиальными основами охраны здоровья в Российской Федерации являются: соблюдение прав человека на безопасные условия труда, приоритет профилактических мероприятий и ответственность государства и работодателей за обеспечение охраны здоровья, что легло в основу формирования системы по сохранению здоровья пользователей ПК в Вооруженных силах Российской Федерации (ВС РФ). Несмотря на то, что в настоящее время решению проблемы сохранения здоровья работающих на компьютерной технике придается

большое значение, в научной литературе практически отсутствуют сведения об условиях труда и их влиянии на состояние здоровья военнослужащих – пользователей ПК, что затрудняет проведение целенаправленных профилактических мероприятий. Поэтому целью данной работы было оценить систему охраны труда и здоровья пользователей ПК воинских частей и учреждений МО РФ, а также санитарную обстановку на их рабочих местах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выполнения поставленной цели были проведены социологическое и гигиеническое исследования, которые позволили оценить систему охраны труда и здоровья (далее – систему) 341 пользователя ПК (177 мужчин и 164 женщины) в воинских частях и учреждениях МО РФ. Социологическое исследование проводилось методом анкетирования с использованием оригинальной анкеты, разработанной нами с учетом специфики работы на ПК. Анкета включала вопросы, ответы на которые позволяли судить об организации и условиях труда (оборудование рабочих мест исправной и специализированной мебелью, вспомогательными устройствами типа «пюпитр», подставками для ног и рук и другим, – все эти показатели отражали эргономический фактор), их влиянии на развитие общего, зрительного и мышечного утомления, а также о состоянии психической сферы пользователей ПК с различным стажем работы. Средний возраст участников опроса составил $37,9 \pm 8,3$ года и стаж работы на ПК $8,3 \pm 2,9$ года.

Комплексная оценка организационно-административных мероприятий, электромагнитной обстановки и эргономической ситуации на рабочих местах осуществлялась с помощью метода экспертных оценок.

Оценка условий труда проводилась в соответствии с требованиями нормативных документов [13–16] и включала санитарно-гигиеническую характеристику помещений, рабочих мест, профессиографический анализ трудовой деятельности, измерение и оценку параметров микроклимата, освещенности, уровней электромагнитных и электростатических полей, шума, степени загрязненности воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами, а также тяжести и напряженности труда пользователей ПК. Оценка полученных результатов проводилась путем их сопоставления с нормативами, а общая оценка условий труда с определением класса проводилась согласно «Руководству по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса» [13]. Было обследовано 350 объектов.

С целью оценки санитарно-эпидемиологической обстановки на рабочих местах пользователей ПК были проведены санитарно-микробиологические исследования. Был использован метод бактериологических смывов с последующим посевом на плотные питательные среды – Эндо и желточно-солевой агар в соответствии с «Руководством по военной микробиологии» (2005). Учет результатов исследования проводили визуально после 24-часовой экспозиции в термостате при 37°C , учитывая количество выросших колоний микроорганизмов. В качестве объектов исследования использовали поверхности компьютерной техники и мебели [системных блоков, клавиатур, экранов мониторов, манипуляторов типа «мышь», ковриков для «мыши», столов на промежутке между клавиатурой и краем стола, сенсорных панелей прикроватных мониторов (ПМ) в помещениях штабов воинских частей, компьютерных классов военного вуза, ординаторских и палатах отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ)].

В условиях эксперимента изучалась антибактериальная активность четырех средств по уходу за оргтехникой с прописанными производителями дезинфицирующими свойствами. Средство № 1 в качестве дезинфицирующего содержало 1-пропанол; средство № 2 – диссольвин натрия; средство № 3 – четвертичную соль аммония; средство № 4 – дипропиленгликоль-монометиловый эфир.

В качестве тест-микроба использовалась культура *S. aureus*, которая была высеяна с поверхности клавиатуры ПК в ОРИТ. Полученные рабочие концентрации (10^{-5} и 10^{-6}) давали рост 15 ± 5 и 5 ± 2 микробных колоний, который соответствовал показателям общей микробной обсемененности клавиатур ПК в кабинетах врачей и компьютерных классах военного вуза. На салфетки, пропитанные растворами средств № 1–4, наносили тест-культуру в рабочих разведениях. Высев культуры *S. aureus* с салфеток осуществлялся сразу после нанесения культуры и с интервалами через 1–5, 10, 15 и 20 мин бакпечатками с желточно-солевым агаром, которые помещали в термостат при $t = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ на 24 ч. Антибактериальную активность средств по уходу за оргтехникой оценивали по числу выросших колоний культуры *S. aureus* после контакта со средствами № 1–4.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важной частью всех проводимых мероприятий в системе охраны труда и здоровья пользователей ПК является разработанная и функционирующая нормативно-правовая база организационно-административных мероприятий. В ее основу положен принцип предупреждения, обнаружения и пресечения нарушений законодательства Российской Федерации в области охраны труда и здоровья на конкретном рабочем месте. Организационно-административные мероприятия направлены на недопущение к работе на ПК лиц, не прошедших медицинское обследование, профессиональное обучение, обучение вопросам охраны и безопасности труда, вводный и первичный инструктажи. Для контроля за условиями труда и организацией допуска к работе в каждом учреждении (воинской части) создается служба охраны труда. Большая роль в деле сохранения здоровья пользователей ПК отводится специальной оценке условий труда (СОУТ), которая проводится с целью контроля состояния условий труда на рабочих местах и правильности обеспечения работников сертифицированными средствами индивидуальной и коллективной защиты; оценки профессионального риска; предоставления работникам, принимаемым на работу, достоверной информации об условиях труда на рабочих местах; подготовки поименного списка лиц, подлежащих обязательным предварительным (при поступлении на работу) и периодическим (в течение трудовой деятельности) медицинским обследованиям; расчета скидок и надбавок к страховому тарифу в системе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; решения вопроса о связи заболевания с профессией при подозрении на профессиональное заболевание, о диагнозе профессионального заболевания и включения в трудовой договор характеристики условий труда и компенсаций работникам за работу в тяжелых, вредных и (или) опасных условиях труда.

Как следует из результатов исследования, организационно-административные мероприятия в отношении пользователей ПК в полном объеме не проводятся (рис. 1). В частности, 58,4 % пользователей ПК, работа которых за компьютером занимает более 50 % рабочего времени, не проходили предварительные и периодические медицинские осмотры; 79,4 % – вводный и первичный инструктажи; 84,5 % – инструктаж по электробезопасности; 15,2 % не обеспечены средствами индивидуальной защиты; на 68 % рабочих мест не проводилась их СОУТ (аттестация по условиям труда); у 43,6 % пользователей ПК отсутствовали регламентированные перерывы на отдых; на 52,2 % объектов отсутствовали помещения для приема пищи; на 76,5 % рабочих мест отсутствовали инструкции по охране труда. По результатам комплексной оценки организационно-административных мероприятий было установлено, что в 56,4 % обследованных воинских частей и учреждений эти мероприятия выполняются неудовлетворительно. Исследования показали, что пользователи ПК слабо информированы по вопросам охраны труда и здоровья в процессе работы на компьютерной технике. Не проводят влажную уборку рабочих мест 59,5 % пользователей ПК, около 65 % не соблюдают

правила личной гигиены. Из общего числа пользователей ПК 88,6 % указали, что они не выполняют профилактические упражнения для глаз и рук, 87,3 % во время работы не соблюдают режим труда и отдыха. Во время перерыва на обеденный отдых пользователи ПК продолжали работать, при этом 27,6 % из них работали с набором текстов, а 16,4 % использовали компьютер для развлечения. Кроме того, 33,4 % человек работали на ПК до 2 часов в день во внеслужебное время и 26,7 % – более 2 часов, что создавало дополнительную нагрузку на зрительный анализатор и опорно-двигательную систему и не способствовало восстановлению работоспособности.

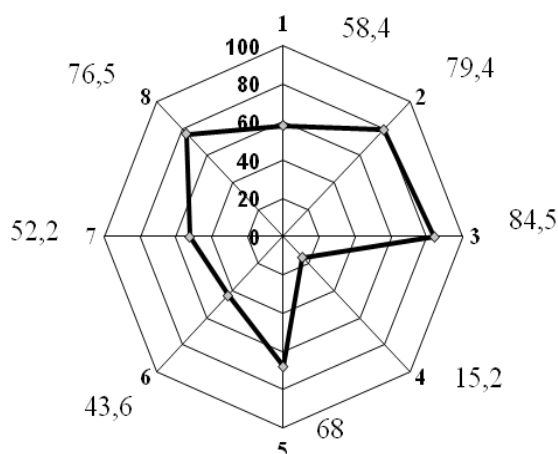


Рис. 1. Недостатки, выявленные при оценке организационно-административных мероприятий (%)

Всё сказанное выше подтверждают данные, приведенные на рис. 1. Показанные на рисунке цифры от 1 до 8 обозначают: 1 – не прошли предварительные и периодические медицинские обследования; 2 – не прошли вводный и первичный инструктажи; 3 – не прошли инструктаж по электробезопасности; 4 – не обеспечены средствами индивидуальной защиты; 5 – не проведена СОУТ; 6 – отсутствуют регламентированные перерывы на отдых; 7 – отсутствуют помещения для приема пищи; 8 – отсутствуют инструкции по охране труда.

Таким образом, результаты оценки организационно-административных мероприятий позволяют сделать вывод о том, что низкий уровень подготовки пользователей ПК по вопросам охраны труда и здоровья не способствует формированию у пользователей компьютеров здоровьесберегающего поведения.

Входящие в систему инженерно-технические мероприятия реализуются на основании внедрения новых разработок в области науки и техники, а также требований нормативно-правовых документов, выполняемых производителями ПК и организациями (лицами), эксплуатирующими ПК. Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 каждый тип ПК должен проходить сертификацию в двух системах – сертификация на безопасность в Системе сертификации (с выдачей сертификата соответствия) и сертификация на экологическую безопасность в Системе Госсанэпиднадзора Минздрава РФ (с выдачей санитарно-эпидемиологического заключения). Такая процедура обязательна и для производителей компьютеров и для тех, кто занимается их реализацией. Несмотря на то, что сертификационные испытания дают однозначную и полную картину о качестве ПК, условия непосредственно на рабочих местах могут существенно влиять на качество работы компьютеров и условия труда пользователей ПК. Поэтому работодатель, в соответствии с требованиями ст. 212 «Трудового Кодекса РФ», с целью сохранения здоровья и работоспособности работающих на ПК должен обеспечить безопасные условия труда на рабочих местах. Это достигается соблюдением

требований, предъявляемых к помещениям, компьютерной мебели, химическим, физическим и биологическим факторам, а также организации режима труда и отдыха.

По результатам гигиенической оценки помещений, где работают на ПК, установлено, что общая их оценка по показателям световой среды соответствовала классу условий труда 3.1 (вредные условия труда). У 21,1 % пользователей ПК, работающих с видеодисплейными терминалами (ВДТ) на базе электронно-лучевой трубки, площадь на одно рабочее место была ниже допустимой в среднем на $1,4 \pm 0,8 \text{ м}^2$ (в норме не менее 6 м^2), а у 16,4 % пользователей, работающих с жидкокристаллическими мониторами, – на $1,8 \pm 0,8 \text{ м}^2$ (в норме не менее $4,5 \text{ м}^2$). Внутренняя отделка помещений была выполнена в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Вентиляция в помещениях для работы на ПК осуществлялась лишь за счет естественного поступления воздуха через фрамуги и форточки. Только 13,6 % помещений были оборудованы системами кондиционирования воздуха, а систем по увлажнению воздуха предусмотрено вообще не было. Микроклиматические условия, в которых трудились обследуемые, относились к оптимальным (класс 1). Средний уровень химических веществ в воздухе рабочей зоны составлял: концентрация окислов азота – $4,5 \pm 0,4 \text{ мг/м}^3$, озона – $0,08 \pm 0,03 \text{ мг/м}^3$, что не превышало предельно допустимых значений (класс 1). Средний уровень шума на рабочих местах пользователей ПК составлял $43 \pm 5 \text{ дБА}$, что соответствовало санитарным нормам.

Учитывая всё вышесказанное, можно сделать вывод, что рабочие помещения с ПК в 32,4 % случаев по большинству показателей не соответствовали гигиеническим требованиям.

Исследование и оценка организации рабочего места пользователей ПК показало, что отсутствие специализированной мебели более чем в 80 % случаев является одним из ведущих факторов неблагоприятного воздействия условий труда, которому подвергается большинство пользователей ПК (рис. 2).

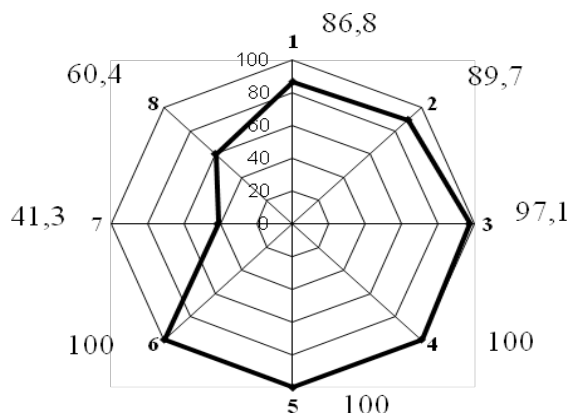


Рис. 2. Количество рабочих мест с ПК, не отвечающих эргономическим требованиям (%)

На рис. 2 цифрами от 1 до 8 обозначены: 1 – отсутствие эргономичного стола (несоответствие гигиеническим требованиям по высоте, ширине, длине, отсутствие полочки для клавиатуры и достаточного пространства для ног); 2 – отсутствие специального кресла (с подлокотниками, регулируемые по высоте); 3 – отсутствие специальной выдвижной доски у стола для размещения клавиатуры; 4 – отсутствие на рабочем месте пюпитра (документодержателя); 5 – отсутствие подставки для ног; 6 – отсутствие подставки для рук; 7 – несоблюдение

расстояния до монитора (рабочего документа); 8 – отсутствие жалюзи на окнах в помещениях, где расположены рабочие места.

В результате оценки специального оборудования рабочих мест было установлено, что по комплексному показателю, характеризующему эргономический фактор, рабочие места у 78,6 % работающих с ПК были оценены как неудовлетворительные.

Результаты оценки электромагнитной обстановки на рабочих местах показали, что в 100 % случаев отсутствовали нейтрализаторы электрических полей промышленной частоты, почти у всех (90 %) пользователей ПК электропитание компьютерной техники осуществлялось через удлинители и «переноски» (рис. 3).

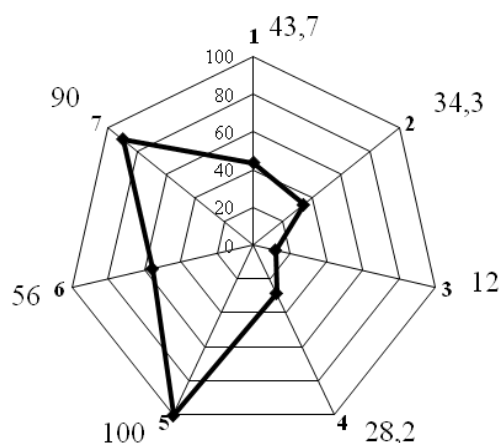


Рис. 3. Количество рабочих мест с ПК, не отвечающих электромагнитной безопасности (%)

На рис. 3 цифрами от 1 до 7 обозначены: 1 – отсутствие заземления электрооборудования на рабочем месте; 2 – нерациональное размещение рабочего места (невыполнение принципа зонирования на рабочем месте); 3 – размещение рабочего места возле электрических кабелей и трансформаторов; 4 – рабочий стол имеет замкнутый металлический каркас; 5 – отсутствие нейтрализаторов ЭППЧ; 6 – наличие в помещении незаземленных металлических решеток на окнах; 7 – электропитание электрооборудования, установленного на рабочем месте, осуществляется через удлинители и «переноски».

На 1/3 рабочих мест (34,3 %) пользователей ПК не соблюдались принципы зонирования. Отсутствовало заземление системных блоков на рабочих местах (43,7 %) и металлических решеток на окнах (56 %). По комплексному показателю на 54,6 % рабочих мест пользователей ПК электромагнитная обстановка оценивалась как неудовлетворительная. Как следствие отмеченных выше недостатков по результатам гигиенической оценки уровней электромагнитных полей (ЭМП) на рабочих местах были выявлены различия в интенсивности воздействующих ЭМП на работающих с компьютерной техникой. Условия труда 38,7 % пользователей ПК по фоновому уровню электрического поля промышленной частоты на рабочем месте относились к первой степени вредности. При выключенном компьютерном оборудовании оно составляло $548,9 \pm 8,3$ В/м (при норме не более 500 В/м). Оптимальные условия труда по воздействию ЭМП наблюдались лишь на 16,4 % рабочих мест пользователей ПК, допустимые – на 44,9 %.

При оценке трудового процесса установлено, что у 13,2 % пользователей ПК условия труда были оценены как напряженные второй степени, где преобладали интеллектуальные и эмоциональные нагрузки. В работе имели место нагрузки, обусловленные наблюдением за

экраном ВДТ – в среднем 280 ± 20 минут. Время непрерывной работы за ВДТ могло достигать 200 мин. Продолжительность рабочего дня в среднем составляла 750 ± 20 минут. В напряженных условиях труда первой степени трудились 34,9 % пользователей ПК. Большая часть пользователей ПК (51,9 %) работала в допустимых условиях труда (класс 2). Среди пользователей ПК доля работающих в тяжелых условиях труда первой степени составила 14,1 %. Тяжесть труда оценивалась как оптимальная у 27 %, у 58,9 % – допустимая. Общая оценка условий труда по классу и степени вредности соответствовала классу 3, второй степени вредности, увеличивающим риск повреждения здоровья пользователей ПК.

Изучение документов планирования медицинского обеспечения в 14 воинских частях и 7 центрах государственного санитарно-эпидемиологического надзора МО РФ по вопросам проведения медицинского контроля и санитарно-эпидемиологического надзора за условиями труда и состоянием здоровья пользователей ПК показало, что в них не отражены мероприятия в отношении лиц, использующих ПК. Не оработаны вопросы по организации и проведению углубленных и контрольных медицинских обследований, диспансерного динамического наблюдения, а также оценке условий труда на рабочих местах пользователей ПК.

В ходе исследования оценивалась эффективность мероприятий по гигиеническому воспитанию и обучению, пропаганде здорового образа жизни среди пользователей ПК. Установлено, что доля курящих среди пользователей компьютерной техники составляет 65,4 %. Около 80 % респондентов указали, что не регулярно занимаются физической культурой и спортом, 58 % – ведут малоподвижный образ жизни, а 76,5 % – нарушают режим питания.

Для оценки эффективности мероприятий по проведению медицинского контроля за условиями труда пользователей ПК было проведено анкетирование врачей воинских частей по знанию ими требований руководящих документов, регламентирующих безопасную работу на ПК (рис. 4).

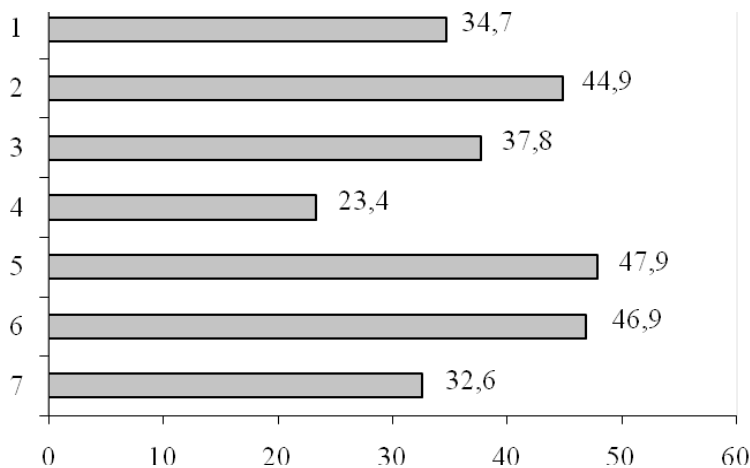


Рис. 4. Характеристика уровня профессиональной компетентности медицинских работников воинских частей по знанию требований к работе на ПК (%)

На рис. 4 цифрами от 1 до 7 обозначены: 1 – знание требований руководящих документов, регламентирующих работу на ПК; 2 – знание санитарно-гигиенических требований к ПК; 3 – знание санитарно-гигиенических требований к помещениям; 4 – знание санитарно-гигиенических требований к факторам рабочей среды; 5 – знание требований к состоянию здоровья пользователей ПК; 6 – знание санитарно-гигиенических требований к рабочему месту; 7 – знание средств и методов профилактики во время работы на ПК.

Выявлено, что лишь 23,4 % из опрошенных врачей достаточно информированы о санитарно-гигиенических требованиях к факторам рабочей среды пользователей ПК, о необхо-

димых средствах и методах профилактики заболеваний – 32,6 %. С требованиями к помещениям, где эксплуатируется компьютерная техника, знакомы лишь 37,8 % респондентов, к ПК – 44,9 %, к состоянию здоровья пользователей ПК – 47,9 % и к рабочему месту – 46,9 %.

В заключение можно сказать, что низкий уровень знаний у врачей требований руководящих документов по организации и условиям труда пользователей ПК, отсутствие должного учета этой группы работающих, низкий охват медицинским контролем условий их труда, устаревший номенклатурный перечень обязательных объективных исследований в условиях воинской части приводят к тому, что эта категория работников не только обезличивается, но и недостаточно обследуются условия их труда по факторам, которые превышают предельно допустимые параметры. Низким остается и качество проводимых мероприятий по формированию навыков здорового образа жизни пользователей ПК, что усугубляет действие неблагоприятных факторов условий труда.

Одна из задач исследования заключалась в оценке санитарного состояния рабочих мест пользователей ПК. По данным результатов исследования наиболее часто и интенсивно подвергались загрязнению поверхности клавиатур ПК ($p < 0,05$). В частности, обсемененность поверхностей клавиатур на рабочих местах пользователей ПЭВМ в штабах воинских частей достигала $20,3 \pm 0,2$ %, а в компьютерных классах военного вуза – $26,4 \pm 0,3$ %. Если говорить о среднем значении показателя доли в изучаемых группах, то в первой группе он на 3,2 % превышал аналогичный показатель в группе сравнения (лиц, не использующих ПК), соответственно во второй группе – на 5 %. В пробах присутствовали монокультуры с преобладанием грамотрицательной флоры (*E. coli* – 73,4 %) и реже грамположительной (*S. epidermidis* – 26,6 %), наличие которых свидетельствует не в пользу удовлетворительного санитарного состояния рабочего места пользователей ПК. Тем не менее можно предположить, что контакт с этими возбудителями здоровых пользователей ПК не является опасным, и в связи с этим мы не наблюдали внешних проявлений этого взаимодействия (заболеваемости).

Наоборот, эпидемиологически опасным контакт пользователей ПК с возбудителями инфекций может быть в лечебных учреждениях, где посредством факторов передачи микроорганизмы могут передаваться ослабленным больным с компрометированной иммунной системой.

При исследовании объектов на рабочих местах пользователей ПК в ординаторских и сенсорных панелях ПМ в палатах ОРИТ установлено, что наиболее часто и интенсивно подвергались загрязнению поверхности клавиатур ($p < 0,05$). Идентификация выделенных микроорганизмов показала, что на поверхностях клавиатур ПК, установленных в ординаторских, отмечено преобладание *S. epidermidis* ($48,8 \pm 3,4$ %). На втором месте по частоте встречаемости стоит *Acinetobacter spp.* ($11,3 \pm 2,2$ %). Третье место в структуре микроорганизмов, обнаруженных на поверхностях клавиатур ПЭВМ, поделили *Enterococcus spp.* и *Bacillus spp.* (по $10,1 \pm 1,2$ %) и лишь на четвертом месте был *S. aureus* ($6,7 \pm 1,3$ %).

На поверхностях сенсорных панелей ПМ, как и на клавиатурах ПК, наиболее часто обнаруживался *S. epidermidis* ($38,4 \pm 5,2$ %). Однако на втором месте по частоте встречаемости был *S. aureus*, на долю которого приходилось $30,8 \pm 4,3$ %. В смывах с поверхностей сенсорных панелей ПМ *Candida spp.* выделялись в $15,4 \pm 3,2$ % случаев, которые заняли третье место по частоте выявляемости. Четвертое место поделили *E. coli* ($7,7 \pm 1,2$ %) и *K. oxytoca* ($7,7 \pm 1,4$ %).

В период проведения нашего исследования основными микроорганизмами, выделяемыми из образцов клинического материала от пациентов ОРИТ, были *Acinetobacter spp.* (16%), *P. aeruginosa* (13,9%), *E. coli* (13,2%), *Candida spp.* (12,5%), *Enterococcus spp.* (11,8%), *K. pneumoniae* (11,1%) *S. epidermidis* (10,4%) и *S. aureus* (9%). Для изучения возможной роли выделенных нами микроорганизмов в развитии внутрибольничных инфекций (ВБИ) в ОРИТ был проведен анализ структуры возбудителей ВБИ. Микробиологический мониторинг за период с 2003 по 2007 годы выявил, что приоритетными патогенами ВБИ в ОРИТ среди микроорганизмов были *S. aureus*, *S. epidermidis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* и *Enterococcus spp.* По-

лученные результаты исследования позволяют утверждать, что присутствие микроорганизмов, являющихся этиологическими факторами в возникновении ВБИ, на поверхностях клавиатур ПК в ординаторских ОРИТ может представлять угрозу для здоровья медицинского персонала и риск возникновения нозокомиальных очагов. Результаты исследования также свидетельствуют о распространении возбудителей ВБИ через поверхности клавиатур ПК и сенсорные панели ПМ в ОРИТ. На заключительном этапе этого исследования была проведена оценка обеззараживающего действия четырех средств по уходу за оргтехникой, представленных на потребительском рынке. Наиболее эффективными в нашем исследовании оказались средства №1, 2 и 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показали результаты нашего исследования, на состояние здоровья пользователей ПК влияет совокупное воздействие вредных факторов, в том числе низкий уровень подготовки к работе на ПК и организации обучения по вопросам охраны труда, высокая напряженность труда, неудовлетворительная организация рабочего места по эргономической и электромагнитной составляющим, высокие уровни ЭМП, недостаточная искусственная освещенность на рабочих местах, а также сложившийся под воздействием труда образ жизни. Однако среди них нет ни одного преобладающего фактора, устранение которого могло бы снизить риск возникновения заболеваний. Очевидно, что росту заболеваемости и ухудшению здоровья пользователей ПК способствует весь комплекс факторов, связанных как с условиями труда, так и с образом их жизни. Это указывает на необходимость комплексного подхода к профилактике заболеваний пользователей ПК.

На основании полученных данных нами научно обоснованы предложения по совершенствованию действующей системы охраны труда и здоровья пользователей ПК в ВС РФ, которые соответствуют «Стратегии социального развития ВС РФ на период до 2020 года». Они включают комплекс мероприятий по совершенствованию ведомственных нормативных документов, регламентирующих уровень освещенности и порядок обеспечения мебелью рабочих мест с ПК, допуск к работе, проведение медицинского контроля и государственного санитарно-эпидемиологического надзора за условиями труда и состоянием здоровья пользователей ПК, а также снижение уровня микробной обсемененности поверхностей клавиатур ПК с целью сохранения здоровья пользователей ПК и пациентов в военных лечебных организациях.

Для военнослужащих – пользователей ПК в штабах воинских частей и компьютерных классах военных вузов в целях снижения микробного загрязнения поверхностей ПК рекомендуется применять любые из рассмотренных нами средств по уходу за оргтехникой.

Перспективным направлением в деле сохранения здоровья пользователей ПК в ВС РФ, по нашему мнению, является объединение усилий систем военного здравоохранения, образования и органов военного управления при подготовке профессиональных пользователей ПК и создании для них безопасных условий труда.

Список используемых источников

1. *Алексеев О.Г.* Репродуктивное здоровье женщин фертильного возраста, работающих с персональными электронно-вычислительными машинами: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Самара, 2010 – 28 с.
2. *Кузьменко М.А.* Компьютерный зрительный синдром и формирование близорукости у пользователей персональных компьютеров: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Новосибирск, 2010. – 25 с.

3. Осторожно, компьютер: учеб. пособие. / Ю.В. Лизунов, С.М. Кузнецов, П.П. Макаров, А.В. Знаменский, А.А. Тужилов, А.Г. Яковлев. – СПб.: СпецЛит, 2009. – 47 с.
4. Маньков В.Д. Обеспечение безопасности при работе с ЭВМ. – СПб.: Политехника, 2004. – 277 с.
5. Суворова И.В. Николаева Е.А. Профилактика нарушений репродуктивного здоровья женщин в условиях производства // Роль и место гигиенической науки и практики в формировании здоровья нации: межвузовская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 130-летию кафедры общей гигиены МПФ Первого МГМУ им. И.М. Сеченова: сборник тезисов. – М.: Издательство Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова, 2014. – С. 179–181.
6. К проблеме интернет-зависимости людей / М.Н. Тихонов, Л.П. Терентьев, А.Г. Яковлев, Г.В. Щербинина // История и перспективы отечественной гигиенической науки и практики: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 150-летию кафедры общей и военной гигиены с курсом военно-морской и радиационной гигиены Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова: сборник материалов. – СПб.: ВМедА, 2015. – С. 34–36.
7. Тумаева Ю.А. Пешев Л.П., Ляличкина Н.А. Влияние электромагнитных полей на вегетативный статус и кардиоритмы у женщин-операторов ЭВМ // Материалы XIII Всероссийского научного форума «Мать и дитя». – М.: МВЦ «Крокус Экспо», 2012. – С. 373–374.
8. Халфина Р.Р. Психофизиологические закономерности утомления и восстановления зрительной системы у пользователей компьютерами: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Уфа, 2013 – 31 с.
9. Хиллис Е.М. Влияние использования шлема виртуальной реальности на зрительные функции // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 9. – С. 16–23.
10. Салаева А.А. Логинова Н.Н., Воронкова С.В. Оценка и управление производственным риском при работе на персональном компьютере // Профилактическая медицина-2015: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. д-ра мед. наук А.В. Мельцера, проф. И.П. Якубовой. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2015. – С. 54–55.
11. Шумилин В.К., Елин А.М., Литвак И.И. Безопасная работа на компьютере. – М.: Безопасность труда и жизни, 2005. – 272 с.
12. Bacterial contamination of keyboards: efficacy and functional impact of disinfectants / W.A. Rutala, M.S. White, M.F. Gergen, D.J. Weber // Infect. Control. Hosp. Epidemiol. – 2006. – Vol. 27, № 4. – 372 p.
13. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса: руководство. – М., 2005. – 140 с.
14. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М., 1996. – 11 с.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: ФЦГСЭН, 2003. – 35 с.
16. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора: Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 13 с.

Ю.А. Никулин,
кандидат исторических наук, доцент

НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПОДГОТОВКА НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ВОЕННО-ВОЗДУШНОЙ АКАДЕМИИ КРАСНОЙ АРМИИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ (1941–1945)

В работе на основании изучения исторических источников рассмотрен процесс формирования и подготовки научно-педагогических кадров в Ленинградской военно-воздушной академии Красной Армии (Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского) в период ее создания и в годы Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: Великая Отечественная война, Военно-воздушная академия, научно-педагогические кадры, ученый совет, диссертации, адъюнктура, конференции.

В 2016 году исполнилось 75 лет с момента начала Великой Отечественной войны. Современная военно-политическая обстановка в мире не позволяет забывать уроков истории. С началом Второй мировой войны и трагических событий 1939 года в Европе руководством Советского Союза стало ясно, что война стремительно приближается. После доклада В.М. Молотова о переговорах с Гитлером в Берлине на заседании Политбюро ЦК ВКП (б) 18 ноября 1940 года выступил И.В. Сталин. Его оценки тех событий мы имеем возможность воспроизвести по записям управляющего делами Совнаркома Я.Е. Чадаева. И.В. Сталин оценил поведение гитлеровской верхушки как лицемерное. Напомнив о позиции Англии и Франции на летних переговорах 1939 года, когда они были не прочь натравить Германию на СССР, и о категорическом отказе Германии прекратить фактическую оккупацию Финляндии и Румынии, он сделал вывод, что, несмотря на демагогические заявления по поводу не ущемления «глобальных интересов» Советского Союза, на деле ведется подготовка к нападению на нашу страну. А берлинская встреча, которой добивался Гитлер, не что иное, как стремление замаскировать свои истинные намерения [1].

Сегодня, когда мы ощущаем введенные против Российской Федерации санкции, воочию наблюдаем, как базы НАТО вплотную приближаются к нашим границам, невольно напрашиваются исторические параллели. Уже сейчас альянс способен развернуть в Европе группировку войск в составе до двух армий, 23 дивизий и 84 бригад, в которой может насчитываться свыше 10 тыс. танков, около 15 тыс. боевых бронированных машин, более 18,5 тыс. орудий полевой артиллерии, около 3,9 тыс. самолетов и до 1,2 тыс. ударных вертолетов. Что касается упомянутых в 1939 году Финляндии и Румынии, то известно, что Финляндией подписано соглашение, по которому войска быстрого реагирования Североатлантического альянса получили право использовать территорию страны во время различного рода операций. А на территории Румынии располагаются техника и вооружение армии США, способные наносить ядерные удары по территории Российской Федерации.

Тогда, осенью 1940 года, стало понятно, что война неизбежна. Поэтому Центральным комитетом ВКП(б) и Советом Народных Комиссаров СССР были приняты кардинальные меры по укреплению Красной Армии вообще и Военно-воздушных сил в частности. Заместитель начальника Ленинградской военно-воздушной академии Красной Армии времен Великой Отечественной войны А.Н. Пономарёв вспоминал о том времени: «В обстановке растущей военной угрозы укреплялась мощь авиации. С предельной нагрузкой работали исследовательские лаборатории. Проектировались и строились новые самолеты, возводились новые авиационные заводы, ... шли поиски новых материалов – прочных и легких, скрупулезно

изучалась сущность вибраций крыла, самолета. Это диктовалось совершенствованием аэродинамических форм боевых машин, ростом скоростей, удельных нагрузок. Теоретические поиски сочетались с экспериментальными, ... объединенными усилиями ученых разрабатывались методики испытаний самолетов на устойчивость, управляемость, маневренность» [2].

Бывший в то время заместителем наркома авиационной промышленности известный авиаконструктор А.С. Яковлев писал в своих записках, что сравнение отечественной авиации с немецкой накануне войны было в нашу пользу. Созданные советскими конструкторами истребители были быстрее и маневреннее немецких [3].

Новейшая авиационная техника требовала квалифицированных офицеров, готовых ее осваивать и эксплуатировать, и научных кадров, способных ее совершенствовать. В ряду большого комплекса мер по укреплению авиации Красной Армии приказом народного комиссара обороны Союза ССР № 0812 от 27 марта 1941 года было объявлено о создании Ленинградской военно-воздушной академии Красной Армии. Создавали новую академию на базе Ленинградского института инженеров Гражданского воздушного флота (ЛИИ ГВФ).

Начальником академии был назначен бывший летчик-испытатель, побывавший военным атташе в Японии, воевавший в Испании, командующий ВВС Забайкальского военного округа сорокапятилетний генерал-майор авиации Андрей Родионович Шарапов.

Его заместителем по учебной и научной работе был назначен ученик выдающегося ученого Н.А. Рынина бригадный инженер А.Н. Пономарёв. Александр Николаевич – человек широко образованный. Он закончил ЛИИ ГВФ, учился в Париже, в Сорбонне, возглавлял один из факультетов Московской военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского, прекрасно владел французским языком. В августе 1939 года был переводчиком на переговорах советской делегации во главе с наркомом К.Е. Ворошиловым с английской и французской военными миссиями о подписании военной конвенции «по вопросам организации военной обороны Англии, Франции и СССР против агрессии в Европе». Переговоры эти, как известно, нужных результатов не дали, и Советский Союз был вынужден подписать Договор о ненападении с гитлеровской Германией.

Начальником учебного отдела академии в годы войны был военный инженер 1-го ранга В.И. Рабинович. Начальником научно-исследовательского отдела академии был назначен военинженер 3-го ранга Ф.Я. Спасский. В 1942 году его сменил воентехник 2-го ранга М.М. Марусенко.

Военно-воздушная академия сразу начала оформляться не только как учебный, но и как крупный научный центр. Из 180 работников ЛИИ ГВФ¹, призванных на военную службу и зачисленных в штат академии в марте 1941 года, значительная часть были специалисты высокой квалификации: пять докторов наук, профессоров – А.Е. Каплянский, П.А. Молчанов, О.Н. Розанов, Н.А. Рынин и К.В. Сахновский; четыре кандидата наук, профессора – С.А. Данлов, К.Ф. Косоуров, Г.Г. Ростовцев и С.С. Строев; кандидаты наук – В.К. Блинов, Е.Д. Голиков, Л.Д. Гольдштейн, Н.И. Ершов, В.Г. Карпов, Н.В. Кожевнин, И.И. Кулагин, М.А. Курышев, И.Г. Меерсон, А.П. Мельников, Н.Ф. Мищенко, Н.М. Охотин, Б.И. Рубин, П.И. Семов, Е.П. Торба, Л.К. Хренов, Л.Е. Штиллерман и др.; аспиранты – Г.И. Волков, Ф.Ф. Кравец, В.А. Криволицкий, Ф.Д. Мошков, И.Я. Русинов, В.В. Свечников и др. По вольному найму был принят доцент Д.И. Заславский [4–6].

Но преподавателей не хватало. Штат пришлось доукомплектовывать. Пути и методы комплектования были самые разные. Так, в мае 1941 года с Ленинградских авиатехнических курсов усовершенствования (ЛАТКУ) был переведен в академию военинженер 1-го ранга Н.П. Борисов, преподававший аэродинамику. В роту охраны академии бойцом прибыл профессор красноармеец Б.М. Ровинский. В это же время службу в академии начали: воентехник

¹ В Истории Военной инженерно-космической академии имени А.Ф. Можайского (1712–1998) говорится о 130 работниках ЛИИ ГВФ, зачисленных в штат академии.

1-го ранга С.А. Дробов, доктор технических наук лейтенант Я.Г. Пановко, кандидат наук младший лейтенант С.В. Стародубцев. Рядовым красноармейцем прибыл в академию доктор технических наук, профессор В.И. Сифоров. Но до конца 1941 года более половины должностей на кафедрах оставались вакантными. Подчас создавалась парадоксальная для военных ситуация, когда слушателям-офицерам преподавали рядовые Красной Армии. Но со временем и это исправлялось, преподавателям присваивали офицерские звания.

Тем не менее научный потенциал профессорско-преподавательского состава вполне обеспечивал подготовку собственных научных кадров по ведущим специальностям. Несмотря на огромные трудности начального периода Великой Отечественной войны и формирования академии, на кафедрах начали разворачиваться научные исследования и подготовка диссертаций [7].

24 июля 1941 года начальнику академии была вручена директива из Генерального штаба Красной Армии № Орг./1/538100 об эвакуации академии из Ленинграда, куда вплотную приблизился фронт, в столицу Марийской АССР г. Йошкар-Олу (в переводе – Красный город).

В Йошкар-Олу из Ленинграда также были эвакуированы Государственный оптический институт (ГОИ) во главе с академиком С.И. Вавиловым, Особое конструкторское бюро (ОКБ-43) М.Н. Кондакова, которое занималось разработкой безоткатной авиационной пушки, артиллерийским и пулеметным вооружением УРов, зенитных автоматических установок для кораблей [8]. Взаимодействие с этими научными учреждениями, безусловно, способствовало развитию научной мысли в академии и подготовке научно-педагогических кадров.

На момент формирования в марте 1941 года в штат академии входили 5 докторов наук, профессоров и 29 кандидатов наук, доцентов [9]. Однако в числе эвакуированных в Йошкар-Олу преподавателей академии были три доктора наук, профессора; два кандидата наук, профессора; двадцать кандидатов наук, доцентов; семь кандидатов наук и два доцента. Остальные преподаватели не имели ученых степеней и званий [10].

Не эвакуировался вместе с академией из Ленинграда начальник кафедры аэронавигационного оборудования бригаинженер, доктор физико-математических наук, профессор П.А. Молчанов – выдающийся советский ученый-аэролог с мировым именем, изобретатель, естествоиспытатель, совершивший арктический полет в составе совместной советско-германской полярной экспедиции на дирижабле «Граф Цеппелин». Он первым в мире изобрел радиозонд для измерения параметров атмосферы, являлся автором более 170 научных трудов и около 100 изобретений. Судьба его трагична. Летом 1941 года он был арестован и, по свидетельству профессора П.В. Мелентьева, застрелен охранником при этапировании через Ладогу в октябре 1941 года. В 1959 году его реабилитировали [11].

Трагически сложилась судьба выдающегося русского ученого Николая Алексеевича Рынина. С должности проректора ЛИИ ГВФ он был назначен начальником кафедры графики (кафедра методов изображений – с марта по июль 1941 года) академии с присвоением воинского звания бригаинженера, соответствующего воинскому званию «генерал-майор». К этому времени Н.А. Рынин опубликовал около 30 работ по ракетному делу и космонавтике. Им впервые разработана теория киноперспективы, создана научная школа графики. Это ему К.Э. Циолковский писал: «Ваши прекрасные труды и возвышенность чувств создадут Вам бессмертное имя...» [12]. Н.А. Рынин тяжело заболел. Врачи обнаружили рак горла, и он не смог выехать из Ленинграда вместе с академией. Новый 1942 год он встретил, лежа в Мечниковской больнице. Весной 1942 года, после ужасов блокадной зимы, в крайне ослабленном состоянии самолетом его эвакуировали в Йошкар-Олу, откуда отправили в госпиталь, в Казань. 28 июля 1942 года на 65-м году жизни Николай Алексеевич скончался и был похоронен в Казани, на Арском кладбище [13].

Свою библиотеку и научное наследие выдающийся ученый завещал академии. Его труды были переданы в академическую библиотеку (фонд Н.А. Рынина включал 30 папок с перепиской, около трехсот книг по реактивной технике, авиации, воздухоплаванию и космонав-

тике). В 1943 году был издан приказ по академии № 315 об увековечении памяти профессора Н.А. Рынина. В учебном корпусе Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского висит посвященная ему памятная доска. Его имя присвоено одному из лунных кратеров.

В Йошкар-Оле в соответствии с требованиями военного времени в академии одновременно с обустройством без промедления начали учебный процесс и подготовку научных кадров. Профессорско-преподавательский состав работал с очень большой нагрузкой. Ученых и преподавателей не хватало. Даже к 1 июля 1943 года кафедры были укомплектованы лишь на 59,4 % [14].

Выпускник академии 1958 года, директор Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (РАН), член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР Рафаэль Мидхатович Юсупов в своем «Слове об учителе: о Евгении Павловиче Попове» приводит выдержку из его «Воспоминаний» о том, как восполняли научно-педагогические кадры в условиях войны: «... среди больших лесов под Йошкар-Олой происходило формирование артиллерийских и пехотных частей для фронта. Оттуда и «вылавливались» в чине лейтенантов и старших лейтенантов доценты университетов и технических вузов» [15].

В их числе в чине рядового оказался профессор Сифоров Владимир Иванович. Ему в академии сразу дали воинское звание инженер-полковника и вскоре назначили заместителем начальника академии по учебной и научной работе. Впоследствии В.И. Сифоров стал членом-корреспондентом АН СССР (1953), заместителем министра радиотехнической промышленности СССР (1954–1955), директором Института проблем передачи информации АН СССР.

В академию были приглашены: на кафедру радиотехники – заслуженный деятель науки и техник РСФСР, профессор В.А. Толвинский (работал в академии до 1954 г.); на кафедру конструкции и прочности самолетов – доктор технических наук, профессор Я.Г. Пановко (1944), на кафедру физики – доцент С.В. Стародубцев и многие другие ученые, прославившие академию результатами своей научной деятельности.

В декабре 1941 года в академии был создан ученый совет в составе 35 человек, в том числе 5 докторов и 26 кандидатов наук. В 1942 году совет был обновлен. В состав совета вошли два академика, два члена-корреспондента АН СССР, пятнадцать докторов наук, два профессора и тринадцать кандидатов наук, доцентов – всего 35 человек. Членами ученого совета стали крупнейшие ученые страны: академики С.И. Вавилов (ставший после войны президентом АН СССР), В.П. Линник, И.В. Гребенщиков, член-корреспондент АН СССР Т.П. Кравец и др. [17]. Научная компетенция ученого совета академии ни у кого не вызывала сомнений.

В годы войны академик С. И. Вавилов занимался проблемами в области физиологической оптики, фотометрии и светотехники. В 1943 году его работы были удостоены Сталинской премии второй степени и Постановлением Государственного Комитета Оборона (ГКО) № 3637 от 23 июня 1943 года он был назначен уполномоченным ГКО по развитию и координации научной работы в области инфракрасной техники с задачей разработать и наладить производство по выпуску приборов ночного видения. В 1944 году под его руководством при АН СССР была создана комиссия по физиологической оптике. Тесное сотрудничество ученых академии с институтом С.И. Вавилова было весьма полезно и интересно.

Академик В.П. Линник был крупнейшим специалистом в области прикладной оптики. Академик И.В. Гребенщиков еще до революции совместно с Н.Н. Качаловым на Императорском фарфоровом заводе основал производство оптического стекла. Он создал отечественную технологию просветления оптики, технологию получения пористых стекол, химическую теорию полировки металлов. Занимался физико-химическими свойствами прозрачных полимеров. Начиная с 1943 года, работал над созданием Института химии силикатов АН СССР и научного журнала «Физика и химия стекла».

Член-корреспондент АН СССР Т.П. Кравец – выдающийся ученый в области научной и прикладной фотографии, светотехники и истории физико-математических наук. Он создал

первую в нашей стране лабораторию научной фотографии. За работы 1939–1945 годов по созданию методов и приборов для фотографической сенситометрии ему совместно с группой сотрудников была присуждена Сталинская премия 2-й степени.

В марте 1941 года при формировании академии для подготовки научно-педагогических кадров была создана адъюнктура. В нее были зачислены пять бывших аспирантов ЛИИ ГВФ: С.Е. Баграмов, К.П. Демченко, В.И. Кириченко, В.А. Кривоуццкий и Ф.Я. Мошков. Адъюнктами также стали В.В. Свечников, И.Я. Русинов, Г.Н. Циклев и др. В 1942–1943 годах адъюнктура пополнилась десятью выпускниками академии, наиболее успешно закончившими обучение и проявившими склонность и способности к научно-педагогической деятельности. Адъюнктами стали Н.В. Григорьев, И.И. Зверев, Ю.З. Кирий, Л.М. Слонимский, Т.Н. Федоров, С.Б. Пузрин и др. Из десяти вновь принятых в адъюнктуру четверо специализировались по конструкции авиадвигателей, трое – по конструкции и прочности самолетов, двое – по аэродромному строительству и один – в области строительного искусства [18].

По состоянию на 1 июля 1943 года в адъюнктуре академии состояли пятнадцать человек. Адъюнкты проходили десятимесячную стажировку в частях действующей армии. Несмотря на жесткие условия военного времени, работали над диссертациями в Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ), Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ), в институтах Академии наук СССР, в других научных учреждениях страны и в действующей армии [19].

Находясь в тяжелых бытовых условиях, имея большую учебную нагрузку, преподаватели упорно работали над повышением уровня своих научных знаний. Партийные организации настойчиво требовали от преподавателей-коммунистов повышения научной квалификации, выполнения научно-исследовательских работ такой глубины и сложности, которые соответствовали бы кандидатским и докторским диссертациям. Темы научных исследований бурно обсуждались в кафедральных коллективах. Командование академии всячески поощряло эту работу. Естественно, что все научные исследования прежде всего были направлены на оказание помощи фронту.

Защита диссертаций в годы войны была большим событием. Начальник академии награждал каждого защитившего диссертацию именными часами или другим ценным подарком. Подарки вручались в торжественной обстановке на заседаниях совета академии.

В сложнейших условиях военного времени пять преподавателей академии сумели подготовить и защитить докторские диссертации. Их имена заняли достойное место в истории академии.

Первую диссертацию в академии на соискание ученой степени доктора технических наук в январе 1943 года защитил старший преподаватель военинженер 3-го ранга (инженер-капитан) А.П. Мельников¹ на тему «О некоторых проблемах теории крыла, работающего в неидеальной среде». В диссертационном исследовании были подведены итоги многолетней работы автора по созданию теории профилей, обтекаемых реальной (вязкой) жидкостью. В работе наряду с созданием нового «вихревого» метода расчета потенциального обтекания профиля крыла решался ряд сложных вопросов теории пограничного слоя крыла при наличии на нем градиента давления. Одним из результатов его исследований было составление инструкции по устранению причин тяжелого взлета и плохого набора высоты некоторыми бомбардировщиками Ил-4 дальней авиации, которая активно использовалась в авиационных эскадрильях и полках.

В последующем выдержки из диссертации и дальнейшие разработки поставленных в ней вопросов публиковались в сборниках трудов академии и в ряде внеакадемических изданий.

¹ Впоследствии генерал-майор, заслуженный деятель науки и техники, профессор А.П. Мельников многие годы возглавлял кафедру гидро- и газодинамики.

Эти работы получили признание специалистов и были весьма положительно оценены в обзорной публикации «Механика в СССР за 30 лет» [20].

В том же 1943 году докторские диссертации защитили: военинженер 3-го ранга Л.Е. Штиллерман на тему «Новые методы радионавигации» и воентехник 2-го ранга С.М. Лозинский на тему «О сходимости суммирования рядов Фурье и интерполяционных процессов». Результаты этой работы расширяли возможности в сфере расшифровки радиосигналов. Четвертую докторскую диссертацию в академии защитил воентехник 2-го ранга Б.М. Ровинский.

В 1944 году преподаватель физики военинженер 3-го ранга Г.И. Петрашень защитил докторскую диссертацию на тему «Методы шаровых векторов в предельных задачах математической физики». Результаты его работы были весьма полезны для исследования структуры твердых тел в материаловедении металлов [21].

Следует обратить внимание на то, что данные источников о количестве кандидатов наук, защита диссертаций которых состоялась в академии в годы Великой Отечественной войны, разнятся. В главе XIV «Очерков истории Ленинградской военной инженерной Краснознаменной академии имени А.Ф. Можайского» (машинописный текст), датированых 1966 годом, на листах 755–756 перечисляются фамилии 19 человек и на листе 757 назван еще один офицер, защитивший кандидатскую диссертацию – И.И. Зверев. Итого, насчитывается 20 человек. Хотя на листе 783 того же источника в таблице «Подготовка научных и научно-педагогических кадров за 25 лет», в графе «Подготовлено кандидатов наук» значатся 19 человек.

А.П. Ежов в своей работе «Академия в годы войны» (1976) на странице 93 также называет 19 кандидатских диссертаций, защита которых состоялась в академии, а на странице 94 пишет о кандидатских диссертациях Н.П. Борисова и А.В. Чудина, которых нет в перечислении ни в «Очерках истории ЛВИКА», ни у него на странице 93 [22]. Это разночтение переходит во все более поздние издания. Таким образом, если в список включать Е.П. Попова (защищал диссертацию не в академии), то можно называть 22 диссертации, защита которых состоялась в годы Великой Отечественной войны.

Успешная защита первых кандидатских диссертаций в академии состоялась в 1942 году. Диссертации защитили военинженер 2-го ранга Д.Д. Дьяков и военинженер 3-го ранга А.А. Драбкин.

В 1943 году кандидатами технических наук стали офицеры С.Е. Баграмов, Э.М. Берзон, Д.Н. Киммельман и И.И. Зверев [23]. В том же году защитил кандидатскую диссертацию Евгений Павлович Попов. До академии он служил техником по электрооборудованию самолетов в одной из частей ВВС. В мае 1943 года в звании старшего сержанта был назначен в академию младшим преподавателем кафедры теоретической механики. Здесь Евгений Павлович представил полученные им результаты решения ряда научных задач, сформулированных для него еще во время учебы в МВТУ имени Н.Э. Баумана. Об одной из решенных им задач он доложил на научно-техническом семинаре. На этом семинаре присутствовал начальник кафедры сопротивления материалов профессор Г.Г. Ростовцев, который с восхищением сказал: «Да это у Вас почти кандидатская диссертация!». Так Е.П. Попов приступил к оформлению кандидатской диссертации на тему «Теория деформации витых пружин с учетом явления посадки витков», которую успешно защитил в МВТУ в ноябре 1943 года [24]. Е.П. Попову было присвоено первое офицерское звание – техник-лейтенант [25].

В 1944 году кандидатские диссертации защитили офицеры Г.П. Матысик, А.И. Беляев, Б.Г. Яновский, Н.П. Борисов, Ф.Я. Спасский, В.В. Свечников, П.М. Ковревский, С.И. Околович и военинженер 3-го ранга Н.А. Толстой (сын известного русского писателя А.Н. Толстого).

В 1945 году кандидатами технических наук стали инженер-капитаны В.А. Криволицкий и В.И. Кириченко, Г.И. Волков, а также начальник кафедры аэронавигационного оборудования инженер-майор В.А. Вериго и старший техник лейтенант А.В. Чудин.

В диссертациях соискателей исследовались научные и научно-прикладные вопросы, актуальные для военного времени и вытекающие из потребностей войск. Например, работа вое-

инженера 2-го ранга Д.Д. Дьякова была посвящена теории и расчету супергетеродинных приемников, военинженера 3-го ранга А.Л. Дробкина – исследованию радиогидров, военинженера 3-го ранга Ф.Я. Спасского – вопросам планировки аэродромов, военинженера 3-го ранга С.Е. Баграмова – исследованиям работы магнето БС-П-12. Диссертационные работы военинженера 3-го ранга Н.П. Борисова и воентехника 1-го ранга А.В. Чудина были направлены на повышение боевых свойств состоявших на вооружении самолетов. Проведенные ими исследования точности стрельбы бортового оружия самолетов были использованы в виде рекомендаций по ведению стрельбы с учетом отклонений самолета, вызванных предшествующими выстрелами. Диссертационная работа В.В. Свешникова («К расчету дальности полета самолетов») была использована ГК НИИ ВВС при составлении инструкции по расчету часовых и километровых расходов горючего самолетом ПЕ-2.

С.Е. Баграмов стал видным специалистом в области зажигания в авиадвигателях и с 1947 года до конца жизни (умер в 1960 году) возглавлял кафедру в академии. И.И. Зверев после окончания адъюнктуры преподавал на кафедре термодинамики и тепловых двигателей, в 50-е годы был заместителем начальника учебного отдела академии. С.Б. Пузырин стал лауреатом Ленинской премии, инженер-полковник В.А. Криволюцкий был начальником кафедры академии, инженер-полковники В.И. Кириченко, Ю.З. Кирий и Н.В. Григорьев – начальниками кафедр в других высших военно-учебных заведениях.

Проведение научных исследований в годы войны осложнялось отсутствием в г. Йошкар-Оле научно-технической литературы, научно-исследовательских учреждений, лабораторных установок, измерительной и другой аппаратуры, необходимых для выполнения экспериментов, перегруженностью профессорско-преподавательского состава занятиями. Но объединение научных сил и самоотверженный труд дали свои результаты. По состоянию на 1 июля 1945 года в академии работали 98 человек, имевших ученые степени и звания, в том числе 2 члена-корреспондента АН СССР, 15 докторов наук, профессоров и 81 кандидат наук. В годы Великой Отечественной войны в стенах академии были выполнены 205 научно-исследовательских работ [27], в том числе 30 – по заказам управлений ВВС и оборонной промышленности.

В феврале 1943 года в соответствии с приказом НКО СССР № 0129 в академии (при факультете ЭСО) были сформированы курсы усовершенствования преподавателей (КУП) для училищ. Первый набор – 16 человек – начал занятия 3 мая 1943 года, окончил – 9 ноября 1943 года. Второй набор – 16 человек – обучался с 17 января 1944 года по 2 февраля 1945 года.

В условиях войны академия одной из первых среди военно-учебных заведений организовала и провела две научно-технические конференции. Обе конференции по составу участников фактически стали всесоюзными и сыграли важную роль в сплочении и мобилизации коллективов научных учреждений и промышленных предприятий страны на решение наиболее актуальных научных и практических задач в интересах действующей армии.

Таким образом, созданная перед самой войной Ленинградская военно-воздушная академия Красной Армии за годы войны превратилась в крупный центр военной инженерной науки и подготовки научно-педагогических кадров.

Список используемых источников

1. *Карнов В.В.* Генералиссимус. Историко-документальное издание. – М.: Вече, 2002. – Кн. первая. – С. 280.
2. *Пономарёв А.Н.* Покорители неба. – М.: Воениздат, 1980. – URL: http://militera.lib.ru/memo/russian/ponomarev_an/index.html (дата обращения: 31.07.2016).¹

¹ Далее в списке литературы – Пономарёв А.Н. Покорители неба.

3. *Яковлев А. С.* Цель жизни: Записки авиаконструктора. – Изд. 2-е, доп. – М.: Политиздат, 1970. – С. 250.
4. Истории Военной инженерно-космической академии имени А.Ф. Можайского (1712–1998): военно-исторический труд. – СПб., 1999. – Разд. III. – С. 71.¹
5. Военный инженерный красносзнаменный институт им. А.Ф. Можайского: очерк истории 1941–1981 гг. / под общ. ред. А.И. Холопова. – Л.: ВИКИ им. Можайского, 1981. – С. 7.²
6. *Ежов А.П.* Академия в годы войны. – Л.: ВИКИ им. А.Ф. Можайского, 1976. – С. 11.³
7. Академия в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2005. – С. 7.
8. *Широкорад А.Б.* Тайны русской артиллерии. Последний довод царей и комиссаров. – М.: Яуза, Эксмо, 2003. – 480 с. – URL: http://www.plam.ru/tehnauka/tainy_russkoi_artillerii_poslednii_dovod_carei_i_komissarov_s_illyu_tracijami/p9.php (дата обращения: 2.08.2016).
9. Очерки истории Ленинградской Военной инженерной Краснознаменной академии имени А.Ф. Можайского: рукопись. – Л., 1966. – Гл. XIV. – Л. 782.⁴
10. История ВИКА. – Разд. III. – С. 87.
11. Изобретатель радиозонда профессор Молчанов. 4 дек, 2014 в 17.55. – URL: <http://ikuv.livejournal.com/42804.html> (дата обращения: 4.08.2016).
12. Арх. АН СССР. – Разряд IV. – Оп. 14. – Д. 209. – Л. 85.
13. *Тарасов Б.Ф.* Николай Алексеевич Рынин 1877–1942. – Л.: Наука, 1990. – С. 81.
14. История ВИКА. – Разд. III. – С. 88.
15. Служба в двух академиях. Рафаэль Мидхатович Юсупов /сост. Д.В. Бакурадзе, Р.И. Белова. – СПб.: Анатолия, 2014. – С. 65.
16. Там же. – С. 65–66.
17. ВИКИ: Очерк истории. – С. 37.
18. Очерки истории ЛВИКА. – Л. 656, 657.
19. Там же. – Л. 757.
20. История ВИКА. – Разд. III. – С. 125–126.
21. Очерки истории ЛВИКА. – Л. 755.
22. *Ежов А.П.* Академия в годы войны. – С. 93–94.
23. Очерки истории ЛВИКА. – Л. 755, 757.
24. *Юсупов Р.М.* Слово об учителе: о Евгении Павловиче Попове // Служба в двух Академиях. Рафаэль Мидхатович Юсупов / сост. Д.В. Бакурадзе, Р.И. Белова. – СПб.: Анатолия, 2014. – С. 65.
25. К столетию Евгения Павловича Попова – основателя и первого начальника кафедры автономных систем управления Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского / А.А. Ардашов, Н. Арсеньев, Ю.В. Горичев, С.Б. Силантьев // Труды Военно- космической академии имени А.Ф. Можайского. – 2014. – Вып. 642. – С. 236–237.
26. ВИКИ. Очерк истории. – С. 39.
27. *Ежов А.П.* Академия в годы войны. – С. 96.

¹ Далее в списке литературы – История ВИКА.

² Далее в списке литературы – ВИКИ: Очерк истории.

³ Далее в списке литературы – *Ежов А.П.* Академия в годы войны.

⁴ Далее в списке литературы – Очерки истории ЛВИКА.

В.П. Огородников,
доктор философских наук, профессор

ПРОБЛЕМА КРИТЕРИЯ ИСТИНЫ И ПАРАНАУКА

В статье подвергнуты критическому рассмотрению основные существующие варианты критерия истины. Доказывается, что логичность выступает критерием научности, но не истинности концепции. В этом контексте анализируются различные современные паранаучные, псевдонаучные, лженаучные и антинаучные идеи, раскрывается их алогизм, мировоззренческая и методологическая несостоятельность. Показывается, что использование субъективно- и объективно-идеалистического мировоззрения и методологии ведет в тупик как естественно-научные, так и гуманитарные исследования. Демонстрируется актуальность борьбы со всеми видами антинаучных и псевдонаучных построений. Аргументируется необходимость использования в этой борьбе диалектико-материалистического мировоззрения и методологии.

Ключевые слова: истина, правда, логичность, наука, паранаука, псевдонаука, лженаука, мировоззрение, методология.

ВВЕДЕНИЕ

Гносеологические проблемы выдвинулись на передний план в европейской философии в начале Нового времени в связи со становлением естествознания. Не случайно философские постулаты и методология эмпиризма и рационализма были заложены выдающимися естествоиспытателями Нового времени – Ф. Бэконом и Р. Декартом.

Дальнейшее развитие их идей показало истинность положения «противоположности сходятся» – крайний эмпиризм и крайний рационализм сошлись в качестве оснований двух форм субъективного идеализма. Первая, основывающаяся на абсолютизации эмпирически-чувственных форм познания, была представлена в трудах родоначальника субъективного идеализма Дж. Беркли. Вторая форма субъективного идеализма, связанная с абсолютизацией (в качестве единственного источника знания сущностей мира) человеческого мышления и рационально-логических форм познания, получила наибольшее развитие в первой половине XX века в неопозитивизме (логическом позитивизме).

Сосредоточившись на анализе критерия истинности суждений (отождествляемого ими с критерием научности), представители неопозитивизма (М. Шлик, Б. Рассел, Л. Витгенштейн) вначале выдвинули в качестве такого критерия «принцип верификации». Согласно принципу верификации, если предложение науки не поддается сопоставлению с чувственным опытом субъекта, то его нужно элиминировать из научного знания, так как оно лишено научного смысла. Однако принцип верификации породил ряд проблем. Прежде всего выясняется, что верификация неприменима к проверке суждений о фактах прошлого (и тем более будущего).

Кроме того, если строго следовать принципу верификации, приходится считать непроверяемыми многие принимаемые современной наукой факты, ибо они не имеют непосредственного чувственного эквивалента. В плачевном состоянии оказалась бы и физика элементарных частиц, и квантовая механика, и даже классическая теория магнитного гистерезиса. Также не верифицируются общие положения (законы науки), поскольку невозможно проверить все единичные их следствия (факты).

Выдвигая принцип сопоставления суждения с данными непосредственного эмпирического опыта, идеологи неопозитивизма наступили на те же самые «грабли», которые «больно ударили» физиков на рубеже XIX–XX столетий в связи с попытками в рамках методологии старого эмпиризма интерпретировать явления микромира. Открытие в конце XIX века единственного тогда представителя микромира – электрона привело многих физиков, попавших, как и Э. Мах, под воздействие позитивистской гносеологии, к убеждению, что электрон не материален.

А. Пуанкаре обосновал в связи с этим философскую концепцию – конвенционализм, согласно которой законы науки не отражают объективной реальности, а представляют собой результат соглашения, конвенции между учеными, закрепленной в формулах и уравнениях. Получалось, что материя исчезла, остались одни уравнения. Многие видные физики того времени, поверив А. Пуанкаре, испытали настоящий шок. Один из основоположников статистической физики и физической кинетики, Л. Больцман, убедив себя в том, что идеи развиваемой им статистической физики не находили понимания в физическом обществе именно в силу того, что всё, чем он занимался в науке, есть «фантомы» ума, покончил с жизнью.

Отец квантовой механики Вернер Гейзенберг в начале своей научной карьеры также поддался идее конвенционализма и утверждал, что электрон – не более чем химера нашего разума. Всё это ясно показало, что наука в поисках истины не может опираться на субъективный идеализм как на мировоззренческо-методологическую основу, и заставило представителей неопозитивизма, объединившихся в «Венском кружке» (в последний период его деятельности, в конце 20-х – начале 30-х годов XX века), пересмотреть критерии научности и истинности.

Активный участник кружка – Рудольф Карнап предметом философии науки считал анализ структуры естественнонаучного знания, имеющий целью уточнение основных понятий науки с помощью аппарата математической логики. Он выдвинул принцип «когерентности» (от лат. *cohaerere* – быть связанным) в качестве нового критерия научности и истинности суждений. Когерентность рассматривается как свойство системы высказываний, состоящее в их внутренней логической связи и непротиворечивости. В соответствии с этим суждение считается научным и истинным, если оно входит в систему суждений (теорию), каждое из которых логически не противоречит всем другим. Связь с объективной реальностью при этом утрачивается. Так, Н. Решер, один из последователей Р. Карнапа, утверждает: «"Когерентность", рассматриваемая в когерентной теории, касается вопроса об отношении одних высказываний к другим, но она не касается вопроса "когерентности" с реальностью или с фактами действительности» [1].

Однако далеко не всякая внутренне логически непротиворечивая теория может быть признана истинной. Наиболее яркий пример – сопоставление геоцентрической концепции К. Птолемея и гелиоцентрической системы Н. Коперника. Обе теории в равной степени внутренне согласованы и логически непротиворечивы, но истинной является гелиоцентрическая система! Этот же пример красноречиво подтверждает, что единственным научным критерием истинности человеческих суждений может быть только практика, деятельность людей. Именно практика позволяет многократно сопоставить объективную реальность и наши суждения о ней.

Что же касается логичности и логики, которые Аристотель назвал «органом» – орудием науки, то они могут свидетельствовать только о научности тех или иных теорий. То, что содержит внутренние формально-логические противоречия, не может быть признано не только научным, но и даже обыденным теоретическим построением. Логика – непосредственная основа мышления и одновременно само это мышление. Алогизм высказываний – свидетельство либо заблуждения, либо обмана и шарлатанства, либо «помутнения сознания», проявляющегося в психических заболеваниях – шизофрении, паранойе и т. п. Спорить с человеком, вступающим в противоречие с самим собой, с алогичным спутанным сознанием столь же «продуктивное» занятие, как вести «дискуссию» с попугаем или вообще неодушевленным предметом.

Когда объективная реальность исчезает из системы рассуждений и аргументации, то на ее месте немедленно возникают настоящие «химеры» разума – псевдонаучные и вовсе ненаучные интерпретации тех или иных явлений. В кризисные периоды развития экономики, политики, всей социокультурной сферы жизни общества обычно наблюдается и массовая потеря адекватности в оценке объективных процессов (не только обществен-

ных). Всё большая часть населения начинает доверять сверхъестественным путям выхода из тяжелой жизненной ситуации. Проще говоря – начинают верить в спасительное чудо.

Мы живем в эпоху глобального кризиса окончательно одряхлевшей системы производства и управления общественными процессами, что ярко проявляется в фальсификации всей человеческой деятельности. Главное для жизни человека производство – пищевая промышленность выпускает фальсифицированные мясные и рыбные консервы, хлеб, молоко и даже овощи и фрукты. Всё переполнено фальсификатами – химическими добавками, красителями, ароматизаторами, вкусовыми добавками, эрзацами. Фальсификация в производстве наземного и воздушного транспорта, дорог и приборов постоянно приводит к трагическим последствиям, катастрофам. Фальсифицирована и сфера здравоохранения. Давно известно и не раз обсуждалось в СМИ, что не менее 50% лекарств, продающихся в наших аптеках, – фальсификат, который в лучшем случае не отягощает заболевания, но лечить может только благодаря эффекту «плацебо» (от лат. *placebo*, буквально — «понравлюсь») – вере больных, что они пьют недешево им доставшееся и, следовательно, «истинное» лекарство.

Фальсификация образования связана со стремлением получить любые «корочки» любой ценой, и с бюрократическими «оптимизациями» всей системы образования. Результатами «реформ» в образовании стала, например, убежденность 30% взрослого населения и России, и США в том, что Земля – центр Вселенной, ренессанс не только веры, но и всевозможных, прямо-таки пещерных суеверий, отказ от научного мировоззрения и методологии.

Перечисленные выше факторы детерминировали фальсификацию и современной науки – как естественной, так и гуманитарной. Яркий пример «оптимизации» науки – назначение несколько лет назад на должность председателя Высшей аттестационной комиссии РФ Феликса Шамхалова – отпетого уголовника, шедшего к этому «хлебному» месту не только через крупные взятки, но и через физическое устранение конкурентов. Единственное заведение, которое доподлинно закончил Ф. Шамхалов – сельскохозяйственный техникум, затем, как установило следствие, он только «получал» всевозможные дипломы и аттестаты.

Заняв должность председателя ВАК, Ф. Шамхалов организовал расширенное производство и продажу дипломов кандидатов и докторов наук. И хотя 5 февраля 2013 года «процветающий» председатель был арестован и низложен, дело его живет – липовые дипломы и аттестаты (с подлинными подписями и печатями) растут, как грибы после хорошего дождя, а фальсификация науки в России продолжается [2].

Без критерия научности и истинности отделить фальсификат от подлинного продукта, лекарства, отделить науку от всевозможных подделок под нее бывает трудно даже специалисту. Сегодня, благодаря ориентации большинства населения России не на вечные ценности – истину, добро и справедливость, а на материальную выгоду, наука то тут, то там вынуждена отступать перед наглым натиском лжи и заблуждений.

Паранаука (псевдонаучные теоретизации, внутренне алогичные и вступающие в логическое и фактическое противоречие с существующими научными концепциями) пытается завладеть умами не только обывателей, но и настоящих ученых.

ИСТИНА, ПРАВДА И ПРАВИЛЬНОСТЬ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

Продолжая разговор о борьбе с фальсификацией образования и науки, критериях научности и истинности, определим основные термины. Истину часто смешивают с правдой, правильностью и даже со справедливостью. Вместе с тем неразличение этих понятий приводит ко многим недоумениям и используется всевозможными шарлатанами.

По высказыванию Платона: «Тот, кто говорит о вещах в соответствии с тем, каковы они есть, говорит истину» [3]. Уже здесь представлены существенные моменты истины:

1. Истина или заблуждение относятся не к объективному миру, а к нашим суждениям о нем.

2. Истина – единство объективного, «того, что есть», и субъективного – нашего мнения о том, что есть.

3. Выражение в суждение «того, что есть» и «каково оно есть» является отражением момента сущности вещей.

4. Истина связана с совпадением суждения о вещи с самой вещью, а не с субъективной уверенностью человека, что его суждение о вещи соответствует именно данной вещи.

Из сказанного выше вытекают важные для всего человеческого познания следствия.

1. В силу того, что наши суждения о мире не в состоянии охватить весь мир, истина всегда будет не полным, не исчерпывающим знанием.

2. Отражая момент сущности объективного мира, наше суждение является суждением об общем, закономерном, устойчивом, воспроизводимом. Так, говоря: «Это – стол», мы единичное «это» (субъект суждения) соединяем с общим, существенным, повторяющимся – «стол» (предикат суждения).

3. Соединяя в суждении единичное явление с общей сущностью, мы тем самым познаем сущность явления.

4. Проверкой истинности суждения может быть многократное использование этого суждения в человеческой деятельности. Так, руководствуясь суждением «Это – стол», мы начинаем использовать данный предмет как стол, и если в нашей деятельности используемый предмет многократно проявляет существенные свойства стола – наше начальное суждение прошло проверку на истинность.

5. Субъективная уверенность людей, что их высказывание о вещи совпадает с данной вещью, является критерием не истинности, а правдивости высказывания. «Истина» имеет антиподом «заблуждение» (говоря юридическим языком, «добросовестное заблуждение»). «Правда», являясь этической, а не гносеологической категорией, имеет антиподом «ложь».

6. Последние категории могут очень причудливо соединяться в сознании людей. Например, можно говорить правду и ничего, кроме правды, но при этом не высказывать истину («добросовестно заблуждаться»). Напротив, можно нагло лгать и при этом высказывать чистую истину. Так, если астролог, свято верящий в свои прогнозы (хотя большинство из астрологов откровенные шарлатаны), построенные на геоцентрической системе, попадет в среду ученых-астрономов, то он побоится высказывать правду (т. е. выдвигать геоцентрические суждения, в которые он верит). На прямой вопрос об обращении, например, Венеры вокруг Солнца, он подтвердит, что это истина, солгав против своего убеждения.

В истории науки и философии Нового времени кроме рассмотренных выше предлагались и другие критерии истинности суждения. Остановимся на тех из них, которые до сих пор «востребованы» для аргументации разного рода заблуждений и фальсификации науки.

Критерии истинности суждения:

1. Ясность и отчетливость (Р. Декарт).

2. Общезначимость (признание большинством) А.А. Богданов (Малиновский).

3. Полезность (Уильям Джеймс).

4. Сопоставимость с чувственным опытом (позитивисты – О. Конт, М. Шлик, Б. Рассел).

5. Логичность и доказательность (Р. Карнап).

6. Практика – совместная деятельность людей (диалектический материализм).

Рассмотрим перечисленные критерии (кроме последнего, истинность которого показана выше) в предложенном историческом порядке.

Критерий истинности суждения, предложенный Р. Декартом, носит явно субъективно-идеалистический характер – он относится к субъективно воспринимаемой форме суждения, но не к его содержанию. То, что одному может показаться вполне ясным (он в этом убежден, хотя и не может привести ни одного аргумента), другому представится очень

неясным (скажем, для неспециалиста). Данный критерий часто используется сегодня во всевозможных «пиарах».

Еще более субъективно обращение к мнению большинства. Представьте, что бы показал во времена Коперника всеевропейский референдум по вопросу: «Истинна ли гелиоцентрическая система?». Этот же аргумент можно использовать для опровержения положения, что всенародное голосование за какой-то юридический или политический документ (Конституцию, например) или лицо (от депутата до президента страны) может подтвердить или опровергнуть истинность (адекватность объективной реальности) документа или истинную «народность» выбранного лица. В политике массы населения разбираются не больше, чем в квантовой механике, поэтому голосование, мягко говоря, далеко не всегда выявляет истинные интересы народа.

Не оставляет сомнения в своей субъективности и прагматический тезис «истинным следует признать суждение, продемонстрировавшее свою практическую полезность». Но, как писал А.С. Пушкин: «Тьмы низких истин нам дороже (т.е. полезней –В.О.) нас возвышающий обман». К тому же то, что полезно для одних, для других может оказаться вредным, а для третьих – безразличным.

По поводу субъективности чувственного опыта и логичности как критерия истинности выше уже были даны подробные комментарии. Теперь посмотрим, как паранаука использует эти ложные критерии истинности для «аргументации» своих «концепций».

ПАРАНАУКА, ПСЕВДОНАУКА, ЛЖЕНАУКА И АНТИНАУКА

Замечу, что термины, вынесенные в заголовок, не являются синонимами.

Под *паранаукой* (от др.-греч. *пара* — около) обычно понимают некоторые сопутствующие научным теориям идеи и гипотезы, использующие алогичную аргументацию или вступающие в логическое противоречие с проверенными многократно на практике концепциями, получившими в связи с этим статус научной теории. Наиболее близкий и по названию, и по сути пример – парапсихология, стремящаяся выявить некоторые сверхъестественные способности человека или даже животных и растений. Сюда относятся передача мыслей на расстоянии, экстрасенсорные способности типа выявления сложных болезней человека без использования приборов, обнаружение самого человека по карте местности, «ясновидение», способности к предсказанию судьбы отдельного человека, будущего мира (М. Нострадамус, В. Мессинг, Ванга).

Все эффекты парапсихологии базируются на субъективной базе – внушении и вере, и признаются истинными по критерию, подвергнутому выше критике, – общезначимость. Прекрасно описан этот эффект в замечательной философской сказке Г.Х. Андерсена «Новое платье короля». Сколько бездарных (или специально эпатажных) картин, музыкальных произведений, исполняемых еле хрипящими в микрофон «певцами», признавались и признаются шедеврами искусства массами людей, боящимися прослыть невеждами и глупцами!

Попытки использовать в качестве подтверждения истины любых утверждений парапсихологии строго поставленный научный эксперимент неизменно дают отрицательный результат. Однако методы парапсихологии всё более активно (но не результативно) используются при лечении многих заболеваний разными шарлатанами от медицины, для которых главный положительный результат деятельности – прибыль.

Псевдонаука – термин, используемый для обозначения ненаучных идей, взглядов и «концепций», которые даже не пытаются использовать какие-либо научные аргументы или методы, но слышат или воспринимаются в народе как научные. Иногда псевдонаука воспринимается как наука только по названию и использованию псевдонаучной терминологии. Например, СМИ рекламируют очередной «прибор, легко настраивающийся на ваше индивидуальное биополе и гармонизирующий частоту колебаний вашего биополя». «В силу

этого, – утверждает хорошо поставленным голосом диктор, читающий рекламу, – вы избавитесь навсегда от абсолютного большинства ваших заболеваний». Но такое избавление дает только смерть! Однако «надежда умирает последней» и многие пожилые люди отдадут чуть ли не все свои сбережения, приобретая то тот, то другой «чудодейственный прибор» или «бад».

Излишне говорить, что экспериментальные испытания положений псевдонауки и «приборов» никак не подтверждают, что они построены на истинных постулатах и теориях. Один профессионал-радиоинженер не поленился демонтировать один из таких, «сконструированных по последнему слову науки» весьма дорогих приборов. Он обнаружил в маленькой коробочке только адаптер питания, два транзистора и два светодиода, которые таинственно помигивали то вместе, то порознь в зависимости от положения, вынесенного на поверхность тумблера. Себестоимость такого «аппарата» была в сотни раз ниже его продажной цены.

Вред подобные средства наносят огромный, однако правоохранительные органы никак не препятствуют их рекламе и распространению. Приведенные примеры показывают, что псевдонаука, как правило, смыкается и по сути, и по форме с лженаукой, представляет собой преднамеренный обман с корыстными целями. Именно по этим целям лженауку следует отличать от заблуждений и ошибок, которые могут допустить даже выдающиеся представители науки, целью которых является нахождение истины, а не прибыли.

Весьма актуально звучит предостережение известного английского философа XVII в. Т. Гоббса: «Астрология не имеет ничего общего с наукой, а является лишь удобным маневром разбогатеть и опорожнить карманы глупой толпы».

С «глупой толпой» всё осталось по-прежнему и в XXI веке. Но когда несколько лет назад в штат Генштаба Минобороны РФ был зачислен... военный астролог, капитан I ранга А. Бузинов, распространивший астрологические прогнозы на военную технику, под угрозой была поставлена уже обороноспособность нашей страны. А. Бузинов исходил из того, что любая военная техника имеет, как и всё существующее, дату рождения, по которой можно определить, под каким знаком зодиака она (техника) родилась, а «следовательно» определить ее «судьбу». Многие СМИ сообщали, что Бузинов якобы предсказал катастрофу «Комсомольца», «Эстонии», самолета «Руслан». Но вот только, как и во всех других случаях подобных «предсказаний», люди узнали о «пророчествах» Бузинова значительно позднее случившихся катастроф.

Что ожидает нашу страну, если руководители производства, здравоохранения, образования вместо научных прогнозов, основанных на изучении объективных законов, познании истины, начнут использовать в своей деятельности астрологические прогнозы?

Сегодняшняя астрология является уже не паранаукой, а откровенной антинаукой, выступающей против существующих научных достижений, отвергающей научную методологию, логику в познании и использовании полученных знаний в целесообразной деятельности. Прежде всего астрология (для большинства доверяющих ей людей это неизвестно) использует в качестве основы всех своих «расчетов» будущего видимое, кажущееся движение и расположение небесных тел на небесной сфере и относительно друг друга. Для астролога Коперника не существует, он пользуется картами небесных сфер Птолемея и, таким образом, исходит из геоцентрического мировоззрения. Все планеты и Солнце обращаются, по этой схеме, вокруг Земли. Освоившим хотя бы школьный курс астрономии известно, что видимые с Земли созвездия не представляют собой какого-то физического единства, и геометрическая фигура, которую каждое образует, условно относительна – с других планет, а тем более в рассмотрении с других звезд знакомых нам созвездий не наблюдается.

Однако астрология, в соответствии с идеей шумеро-вавилонских астральных мифов, дополненной греческой мифологией, «находит» в геометрии созвездий обозначение богов и разных мифических существ. При «расшифровке» астрологических кодов астролог впа-

дает в ошибку логической тавтологии в определении, когда содержание предиката суждения-определения повторяет содержание субъекта этого же суждения. Как это происходит в конкретных астрологических прогнозах? Предположим, астролог вычислил, что «ваш» знак – «весы» будет пересечен в следующем месяце видимым движением планеты Венера. Он с радостью сообщает вам, что в следующем месяце вас ожидает любовь, так как Венера – богиня любви. А при чем здесь планета Венера? Ну, ведь она так названа!

Получается следующая схема – кто-то, сочиняя миф, ввел в него богиню любви, назвав ее Венерой. Потом кто-то другой, любуясь сиянием звезды, назвал ее этим именем (хотя, как известно, планета Венера обладает такой жуткой атмосферой и климатом, что ничто живое с Земли на ней нескольких секунд не продержится, – какая уж там любовь!). Возникает двойная тавтология с попутным двойным превращением условного названия в безусловное качество. Легко показать, что все астрологические прогнозы столь же алогичны, а следовательно, антинаучны.

Встречаются случаи, когда серьезный ученый, попадая под очарование собственных идей, совершает большие ошибки и сам переводит некоторые свои выводы в разряд паранауки. Таким, например, был советский астрофизик, доктор физико-математических наук Н.А. Козырев. Человек нелегкой судьбы, он добился весомых результатов в астрофизике, был награжден золотой медалью Международной академии астронавтики. Но, как говорится, «на всякого мудреца довольно простоты». Во второй половине своей творческой карьеры Козырев увлекся идеей возможности обращения «физического времени» (идея развернута в работе «Причинная механика»). Не вдаваясь в невозможные здесь подробности, опишу эксперимент, который проводил Н.А. Козырев в лаборатории Пулковской обсерватории. Закрепляя на гироскопических волчках, помещенных на чаши лабораторных весов, маленькие «лопасти» в виде алюминиевых зеркал (диаметрально противоположно ориентированными зеркальными сторонами от оси на разных волчках), он наблюдал (хотя эксперимент трудно было воспроизвести) вращение лопастей-зеркал разных волчков в разные стороны. При этом менялся и изначально равный вес самих волчков. Козырев объяснял эти эффекты тем, что «зеркала с алюминиевым покрытием оказались способными отражать и фокусировать „поток времени“». Из этого был сделан вывод, что существует мир с обратным течением времени, который должен быть равноценен нашему Миру, отраженному в зеркале»[4].

Специалисты не признали данную идею Козырева, ссылаясь на невозможность воспроизведения эксперимента, т. е. на отсутствие практической подтверждаемости. Со стороны философской методологии к этому можно добавить и то возражение, что субстанциональная концепция времени вступает в формально логическое противоречие с основными постулатами Общей теории относительности, показавшей, что время – характеристика изменения материальных систем и не существует как самостоятельная субстанция. Как писал сам А. Эйнштейн: «Раньше считали, что если каким-нибудь чудом все материальные вещи исчезли бы вдруг, то пространство и время остались бы. Согласно же теории относительности вместе с вещами исчезли бы и пространство, и время».

Несмотря на то, что «Причинная механика» была признана научным сообществом ошибочной, ряд современных исследователей, в частности Г.И. Шипов, широко используют ее для своих теорий.

Шипов вместе с А. Акимовым выдвинули «теорию торсионных полей». Эти гипотетические поля участвуют в превращении пространства-времени и в обращении времени, формировании «полей разума» и других чудесах, откровенно противостоящих всему современному естествознанию. Основанные на торсионных полях «торсионные двигатели» «развивают» КПД 150, 300 и даже 1000%! Торсионные генераторы способны передавать информацию в любую точку Вселенной со скоростью, превышающей в миллиарды раз скорость света... Остронаправленные торсионные поля мгновенно уничтожают живую силу противника или превращают армии в сборища полных идиотов [5].

Так как ни одного практического подтверждения торсионные поля не нашли, а в экспери-

ментах не обнаружены, видимо, за полных идиотов авторы этой концепции «держат» всех, кто им внимает. Приведем высказывания самого Акимова: «Из абсолютного «Ничто» рождаются первичные торсионные поля, которые объясняются кручением пространства. Такое первичное торсионное поле представляет собой элементарные пространственно-временные вихри правого и левого вращений, не переносящие энергию, но переносящие информацию». Согласно А.Е. Акимову оказывается, что «природа позаботилась о том, чтобы мы имели возможность иметь прямую связь с Абсолютом. Отсюда следует, что каждый человек может непосредственно общаться с Богом, если Богу это будет угодно» [6]. И это пишет не какой-то полуграмотный астролог! Анатолий Акимов – директор Института теоретической и прикладной физики РАН. Так субъективный идеализм становится предпосылкой объективного идеализма.

Истинность последнего тезиса подкрепляется ознакомлением с трудами ныне уже почившего члена-корреспондента Белорусской академии наук А.В. Вейника. Автор не признанной научным сообществом теории Термодинамики реальных процессов (ТРП) утверждал, что время и пространство являются самостоятельными субстратами, поддающимися внешнему управлению. Базируясь на этом постулате (никак научно не аргументированном) как истинном, Вейник, ничтоже сумняшеся, заявил о несостоятельности второго закона термодинамики Клаузиуса, третьего закона механики Ньютона, закона сохранения количества движения, ОТО и квантовой механики [7]. В общем, всё естествознание нужно упразднить, заменив ТРП. Автор пытается «научно» объяснить все «аномальные явления» – привидения, полтергейст, НЛО, ясновидение и т. п. «искривлениями пространства-времени». Однако в той же книге несколько позже утверждается, что все эти явления порождаются некоторым «сверхтонким миром», проникающим в нас и манипулирующим нашим сознанием и здоровьем. Видимо, уверенность в этом подорвала-таки здоровье автора, и в конце своего жизненного пути он крестился в православие, после чего переключился на изучение особенностей взаимодействия материального и духовного миров [8].

Особые опасения вызывает то обстоятельство, что подобные «концепции» овладевают умами и кошельками не только обывателей, но и представителей властей, вплоть до государственных чиновников высшего ранга.

Экстрасенсы и астрологи разных мастей находили поддержку в администрации первого Президента России, в Министерстве обороны. В 2010 году, отбыв только два года из восьми, полученных за мошенничество, условно досрочно был освобожден Г. Грабовой. Именно он «делал» большие деньги на попытках воскрешать людей, телепортироваться, лечить СПИД и рак любой стадии, а также диагностировать неполадки в электронном оборудовании на расстоянии. Трудно поверить, но в ходе следствия выяснилось, что Грабовой консультировал (за немалые деньги) Министерство по чрезвычайным ситуациям и даже Совет безопасности РФ [9]!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведенное исследование различных мировоззренческих и методологических подходов к проблеме критерия истинности и научности позволяет сделать следующие выводы:

1. Ни субъективный, ни объективный идеализм, ни антидиалектическая трактовка атрибутов объективной реальности (типа субстанциональной концепции пространства-времени) не могут служить основанием разработки критерия истины и целостной системной научной концепции. Подобные философские взгляды, если они преодолевают даже весьма талантливых ученых, ведут научные исследования в тупик, а зачастую приводят к суеверию и мракобесию.

2. Сегодня паранаука и лженаука – это не просто прибежище безобидных маргиналов от науки, а реальная опасность для науки, образования и тем самым для развития экономики, обороноспособности нашей страны и всех сфер культуры. Проникновение паранауки не только в СМИ, но и в высшие эшелоны власти многократно усиливает эту опасность.

3. Борьба с лженаукой и паранаукой – это прежде всего утверждение в образовании и СМИ подлинно научного мировоззрения. Необходимы научное и аргументированное разоблачение антинаучных взглядов, борьба с «новым средневековьем» – попытками «опровержения» современной синтетической теории эволюции, Общей теории относительности, квантовой механики, диалектико-материалистической концепции становления и сущности сознания, диалектико-материалистической теории истины и других современных естественнонаучных и гуманитарных концепций.

4. Основой борьбы за научное мировоззрение и методологию может быть только научная философия – фундамент единого научного мировоззрения и всеобщая методология познания и деятельности.

Список используемых источников

1. *Rescher N.* The coherence theory of truth. – Oxford, 1973. – P. 9.
2. Восточные сладости (Лезгинка председателя ВАКа Шамхалова и ученые степени). – URL: <http://maxpark.com/community/politic/content/1846305> (дата обращения: 09.05.2016).
3. *Платон.* Сочинения: в 4 т. – М., 1968. – Т. 1. – 417 с.
4. *Козырев Н.А.* Избранные труды. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1991. – С. 178.
5. *Тихоплавова В. и Т.* Физика веры. – СПб.: Весть, 2001. – С. 114.
6. Там же. – С. 162.
7. *Вейник А.И.* Термодинамика реальных процессов. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 576 с.
8. *Вейник А.* Почему я верю в Бога. Исследование проявлений духовного мира. – Минск: Изд-во Белорусская Православная церковь, 2009. – 360 с.
9. В защиту науки: бюлл. № 1 / отв. ред. Э. П. Кругляков; Комиссия по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований; Российская академия наук. – М.: Наука, 2006. – 182 с.

Е.М. Черкасова,
кандидат экономических наук, доцент

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВОЕННО-КОСМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ ИМЕНИ А.Ф. МОЖАЙСКОГО С УЧЕТОМ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

Работа посвящена анализу системы управления инновационной деятельностью Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского с учетом институциональных взаимосвязей. Выявлен ряд проблем при реализации управленческих функций (планирование, организация, мотивация и контроль). Прежде всего это отождествление инновационной деятельности с деятельностью по созданию и внедрению научно-технических инноваций. Также установлено, что планирование и контроль отдельных направлений творческой деятельности осуществляются несогласованно на всех институциональных уровнях. Кроме того, система мотивации творческой деятельности не учитывает все виды деятельности, все категории работников, дублирует показатели разными подсистемами стимулирования, допускает субъективное толкование результатов. Актуальным является построение комплексной системы управления инновационной деятельностью, позволяющей осуществлять взаимосвязанные инновационные изменения всех применяемых образовательными организациями ресурсов.

Ключевые слова: управление, инновационная деятельность, институт высшего военного образования, образовательная организация.

Инновационная деятельность в образовательных организациях подразумевает проведение качественных изменений, т. е. изменений, позволяющих лучше удовлетворить потребности Министерства обороны, персонала и обучающихся. Изменения проводятся в течение длительного периода времени и сопровождаются значительными ассигнованиями. Объем ассигнований Программы реформирования системы высшего военного образования РФ 2003–2010 годов составил более 3 млрд. рублей. В 2008 году утверждена Стратегия социального развития Вооруженных сил до 2020 года. В соответствии с ней к 2020 году Вооруженным силам России в части профессионального образования и подготовки военнослужащих требуется достигнуть уровня лучших армий мира, что также неразрывно связано с последовательным внедрением инноваций. Продолжительные периоды реформирования военного образования и его затратность требуют построения комплексной системы управления инновационной деятельностью, которая позволит быстро перестроить образовательные организации, повысит эффективность обеспечения военной безопасности страны.

Инновационные изменения военного образования транслируются по каналам института высшего военного образования, объединяющего совокупность образовательных организаций и систему взаимодействий между разными уровнями управления. Рассмотрим институциональные взаимодействия, влияющие на состояние системы управления инновационной деятельностью образовательных организаций на примере Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского.

Процесс инновационных преобразований института высшего военного образования России происходит с разной степенью глубины. Периоды глубокого, коренного обновления перемежаются с периодами его усовершенствования. Стратегии инновационных преобразований института высшего военного образования включают:

- усовершенствование отдельных образовательных организаций;
- реорганизацию образовательных организаций;
- ликвидацию одних образовательных организаций и создание новых.

Первая среди приведенных стратегий вызывает наименее глубокие инновационные преобразования института высшего военного образования. Она подразумевает частичное обнов-

ление структурных компонентов отдельных образовательных организаций. Реорганизация и ликвидация образовательных организаций применяются в случае кардинального изменения требований к оказываемым образовательными организациями услугам. Они меняют институт высшего военного образования в целом. Периодичность кардинальных изменений института высшего военного образования можно оценить, проследив продолжительность жизни некоторых образовательных организаций, ликвидированных в период реформы высшего военного образования конца 90-х годов. В этот период были ликвидированы 16 военных училищ и один филиал, большинство из которых создавались во время или вскоре после Второй мировой войны [1]. Средняя продолжительность жизни этих образовательных организаций составила приблизительно 55 лет.

Принятию Правительством РФ той или иной инновационной стратегии сопутствует изменение системы институциональных взаимодействий. Юридически реорганизация и ликвидация – это два способа прекращения деятельности юридического лица с переходом всех имеющихся у него обязательств к другим лицам. Гражданским кодексом РФ определены формы реорганизации: слияние, присоединение, разделение, выделение, преобразование.

Перечисленные формы реорганизаций сопровождают жизненный цикл многих старейших военных учебных заведений нашей страны. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, учрежденная в 1712 году как Инженерная школа, за более чем 300 лет своего существования пережила реорганизации в различных формах [2]:

- в форме слияния в 1758 году, когда Инженерная школа была объединена с Артиллерийской школой в одно учебное заведение – Соединенную Артиллерийскую и Инженерную дворянскую школу, и в 1941 году, когда часть педагогического состава Первого Ленинградского военно-авиационного технического училища им. Ворошилова и Второго Ленинградского военного авиационного училища были переведены в состав новой Ленинградской военно-воздушной академии Красной Армии, которой позднее было присвоено имя А.Ф. Можайского;

- в форме разделения после революции 1917 года, когда она была упразднена, а на ее материальной базе с 20-х годов XX века располагались два военно-учебных заведения ВВС – Военно-техническая школа Красного воздушного флота и Военно-теоретическая школа;

- в форме присоединения в 2006 году Пушкинского института радиоэлектроники Космических войск имени Е.Я. Савицкого и Санкт-Петербургского военного топографического института имени генерала армии А.И. Антонова.

Помимо реорганизации преобразованиям в Военно-космической академии подвергались уровень подготовки (школа, корпус, гимназия, училище, институт, университет, академия), организационно-правовая форма (бюджетное, казенное), наименование, сроки подготовки специалистов (от 2 до 5 лет), отдельные структурные подразделения. Таким образом, история Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского демонстрирует ее периодические инновационные преобразования разной степени глубины.

Термины *инновация*, *инновационная деятельность* в нормативных документах, регламентирующих деятельность образовательной организации МО, употребляется редко. Однако встречаются такие термины, как *изменения и дополнения*, *совершенствование качества*, *внедрение нового*, *научно-исследовательская работа*, *рационализация*, *изобретательство* и т. п., которые по сути характеризуют инновационную деятельность отдельных подразделений образовательной организации. Инновационным преобразованиям могут быть подвергнуты все применяемые для осуществления того или иного вида деятельности образовательной организации ресурсы. Инновации могут выступать в формах повышения педагогического мастерства и квалификации постоянного состава, роста профессионализма переменного состава, совершенствования материально-технической базы, методического обеспечения учебного процесса, создания новых способов организации учебной и научной работы и др.

Управление инновационной деятельностью подразумевает ее планирование, организацию, мотивацию и контроль в рамках института высшего военного образования. Механизм управ-

ления инновациями захватывает все иерархические уровни института высшего военного образования (государственный, отраслевой, уровень организации). Рассмотрим состояние системы управления инновационной деятельностью Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского с учетом ее институциональных взаимосвязей.

Инновационная деятельность в Министерстве обороны соотносится только с научно-технической сферой и трактуется как деятельность по созданию и внедрению научно-технического знания. Для ее развития создана система перспективных военных исследований и разработок, включающая Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) МО РФ, Главное управление развития информационных и телекоммуникационных технологий МО РФ и Главный научно-исследовательский центр робототехники МО РФ. Система подчиняется непосредственно заместителю Министра обороны, отвечающему за развитие технической основы системы управления и информационных технологий.

Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий организует в Министерстве обороны инновационную деятельность, перспективные исследования и разработки, сопровождает передовые программы и научные проекты, их внедрение для формирования условий создания перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники. Его задачами являются: создание научно-технического задела для разработки перспективных образцов вооружения, организация деятельности и определение основных направлений развития в области инновационных исследований, анализ передовых достижений в области прорывных исследований, организация информационного взаимодействия между заинтересованными органами военного управления и создание единого информационного ресурса по технологиям.

Исходя из широкого понимания инновационной деятельности как деятельности по изменению ресурсов для повышения качества предоставляемых услуг, можно рассмотреть институциональный аспект управления и другие виды инноваций Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Управление инновациями в сфере образования, науки, человеческого потенциала, изобретательства на государственном и отраслевом институциональных уровнях осуществляют различные Министерства и их подразделения. Среди них:

- Департамент государственной политики в сфере высшего образования Минобрнауки РФ, управления образования главкоматов, организующие разработку новых профессиональных образовательных программ и квалификационных требований;
- Департамент науки и технологий Минобрнауки РФ, Военно-научный комитет ВС РФ, организующие выполнение фундаментальных и прикладных научных исследований;
- Департамент аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки РФ, организующий деятельность по присвоению ученых степеней, научных званий;
- Федеральная служба по интеллектуальной собственности Минэкономразвития, Управление интеллектуальной собственности, военно-технического сотрудничества и экспертизы поставок вооружения и военной техники Минобороны РФ, организующие проведение изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной работы, разработку учебников, учебных пособий.

Стратегия инновационных преобразований Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского на государственном институциональном уровне определяется двумя министерствами: в сфере образования и науки – Министерством образования и науки, а в сфере управления интеллектуальной собственностью – Министерством экономического развития. Причем в рамках Минобрнауки РФ стратегия исходит от разных Департаментов: Департамента государственной политики в сфере высшего образования, Департамента аттестации научных и научно-педагогических работников и Департамента науки и технологий.

Разделение субъектов стратегического управления инновационными изменениями дублируется и на отраслевом институциональном уровне. В Министерстве обороны созданы

Управления образования главкоматов, Военно-научный комитет ВС РФ, Управление интеллектуальной собственности Минобороны РФ.

Военно-научный комитет Вооруженных сил РФ производит научное обоснование перспективных направлений развития Вооруженных сил. Им производятся планирование научных исследований и координация деятельности научно-исследовательских организаций и вузов, совершенствование военно-научного комплекса Вооруженных сил, развитие лабораторно-экспериментальной базы и др.

Управление интеллектуальной собственности Минобороны России организует патентно-лицензионную, изобретательскую и рационализаторскую работу, учет результатов интеллектуальной деятельности, распоряжается от имени Российской Федерации результатами интеллектуальной деятельности, полученными при выполнении государственного оборонного заказа, а также организует рассмотрение заявок и выдачу патентов на секретные изобретения. Организация и управление изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной работой в образовательной организации МО осуществляются Бюро по изобретательству. На него возлагаются истребование денежных средств на эту работу, оказание помощи персоналу в оформлении прав на изобретения и рацпредложения, подготовка приглашений по выплате авторам вознаграждений, учет создаваемых изобретений и рацпредложений и ведение отчетности перед вышестоящими организациями, организация патентно-лицензионной работы и др. [3].

Таким образом, инновационная деятельность в рамках института высшего военного образования отождествляется с деятельностью по созданию и внедрению научно-технических инноваций. Однако для регулирования инновационных изменений в других сферах деятельности создаются обособленные институциональные структуры, осуществляющие по ним управленческие функции.

Важным инструментом управления инновационной деятельностью является материальное стимулирование. Система материального стимулирования устанавливается федеральным законодательством, ведомственными нормативными актами и приказами, издаваемыми на уровне образовательной организации. В Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского она строится в соответствии с общими принципами системы стимулирования персонала федеральных бюджетных учреждений. В существующей системе материального стимулирования можно выделить подсистемы по разным критериям: по источникам, по цели, по способу начисления выплат, по объекту стимулирования и др.

Источниками материального стимулирования выступают как бюджетные средства, так и средства, получаемые образовательными организациями от осуществления приносящей доход деятельности. Образовательные организации МО в форме казенного учреждения федеральным законодательством лишены права самостоятельно распоряжаться средствами, полученными ими от осуществления приносящей доход деятельности. В этом случае доходы от платных услуг, оказываемых образовательными организациями, являются неналоговыми доходами федерального бюджета [4].

По цели стимулирования систему материального стимулирования образовательных организаций можно разбить на две подсистемы: ежемесячные премии и дополнительное материальное стимулирование. Ежемесячные премии представляют собой фиксированную процентную надбавку к окладу и выступают инструментом привлечения персонала в сферу военного образования. Дополнительное материальное стимулирование ориентировано на конкретный результат и компенсирует затраты творческого труда личного состава.

С 2011 года в структуру заработной платы гражданского персонала и денежного довольствия военнослужащих включена стимулирующая надбавка [5]. Структура денежного довольствия военнослужащих содержит оклады по воинской должности и воинскому званию, компенсационные выплаты и стимулирующие выплаты. При этом стимулирующие выплаты трактуются обобщенно, как «премия за добросовестное и эффективное исполнение должностных обязанностей ...» [6].

По способу начисления стимулирующих выплат в системе материального стимулирования можно выделить включение выплат в состав оклада, включение их в состав нагрузки научно-педагогических работников, дополнительное материальное стимулирование.

С 2013 года гражданскому персоналу включены в должностные оклады надбавки за ученые степени и звания. При защите диссертации и получении диплома о соответствующей ученой степени оклад сотрудника повышается на сумму в 3000 или 7000 рублей для кандидата и доктора наук соответственно. Военнослужащим, занимающим воинские должности руководящего, профессорско-преподавательского и научного состава в образовательных организациях МО РФ, сохраняются надбавки за ученую степень кандидата и доктора наук и должность доцента или профессора. Только они трактуются как «ежемесячная надбавка за особые достижения в службе» [7]. Размер ежемесячной надбавки для военнослужащих сохранен: за ученую степень кандидата наук – 3000 руб., доктора наук – 7000 руб., за звание профессора – 60%, доцента – 40% от оклада по воинской должности. Причем повышение ученых степени и звания стимулируется дважды: первый раз путем надбавок к окладу и второй раз путем включения данного показателя в перечень показателей дополнительного материального стимулирования.

Способом материального стимулирования творческой деятельности в образовательной организации выступает включение творческих работ в бюджет рабочего времени преподавателей в составе учебной, методической и научной работы [8]. Исходя из величины заработной платы и количества часов, отводимых на выполнение того или иного вида творческой работы, можно оценить примерную сумму вознаграждения за результаты творческой деятельности – разработку наглядного пособия, новой лекции и т. п.

Если годовой лимит времени преподавателя на учебную, методическую и научную работу – 1660 ч., объем учебной работы для профессора, доцента – не менее 30% и средняя заработная плата доцента, кандидата наук составляет около 360 тыс. руб./г., то средняя оплата часа работы составляет 205 руб. Исходя из этого, стоимость разработки доцентом одного наглядного пособия (плаката, схемы, стенда) по отведенному на это бюджету времени 50 ч. составит примерно 10,250 тыс. руб. За подготовку к чтению новой лекции (бюджет отводимого времени на час больше) доцент получит на 400 рублей больше, чем за подготовку лекции, читавшейся ранее. В лимит рабочего времени преподавателя включено также научное руководство адъюнктами (50 ч. на одного адъюнкта), руководство военно-научной работой курсантов (до 10 ч. на одного члена военно-научного общества), участие в научных конференциях (до 7 ч. в день) и др. Перемножив эти часы на стоимость часа работы можно оценить и их стоимость.

Третий способ начисления стимулирующих выплат – система дополнительного материального стимулирования. Порядок дополнительного материального стимулирования военнослужащих и лиц гражданского персонала установлен приказом Министра обороны №1010. В нем «конкретные размеры дополнительного материального стимулирования определяются в пределах объемов бюджетных средств, доведенных на указанные цели, по результатам исполнения военнослужащими и лицами гражданского персонала должностных обязанностей в период, за который производится дополнительное материальное стимулирование» [9]. Стимулирование производится на основании рапортов непосредственных командиров. Четких указаний на то, какими критериями должны руководствоваться командиры при начислении дополнительного вознаграждения, в приказе нет.

В Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского для стимулирования научных работников и профессорско-преподавательского состава из числа гражданского персонала вводится понятие базовой выплаты для академии в целом [10]. При нахождении величины материального стимулирования конкретного работника базовая выплата умножается на его индивидуальный повышающий коэффициент, который вычисляется перемножением значенных повышающих коэффициентов по выделенным показателям. В качестве показателей в методике дополнительного материального стимулирования Военно-космической академии

выделяются 18 показателей, включающих показатели квалификации работников (занимаемая должность, ученая степень и ученое звание), показатели напряженности (объем учебной нагрузки), показатели творчества (качество проведенных занятий, количество инструкторско-методических, открытых и показательных занятий, количество педагогических экспериментов, качество учебно-методического комплекса, подготовка и организация олимпиад, уровень участия в выполнении НИОКР, участие в учениях и мероприятиях боевой подготовки войск (сил), испытаниях ВВТ, рекогносцировках и т. п., качество выполнения работ в рамках государственного оборонного заказа, участие в конференциях, симпозиумах и т. п., издание монографий, публикация статей, уровень военно-научной работы с курсантами и слушателями, участие в работе диссертационных советов, результаты научного руководства адъюнктами и соискателями ученых степеней кандидата наук). Значения повышающих коэффициентов по перечисленным показателям находятся в интервале 1,1–2,5. Девятнадцатый показатель – «особые отличия» носит субъективный оценочный характер, а его величина может устанавливаться в диапазоне 1,5–10.

По отдельным объектам также разработаны системы материального стимулирования. Отдельная система материального стимулирования установлена федеральным законодательством и ведомственными нормативными актами для изобретательской деятельности, т. е. для деятельности по созданию и внедрению объектов интеллектуальной собственности (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, программ для ЭВМ, баз данных, литературных и научных произведений). Авторам запатентованного служебного изобретения выплачиваются два вида стимулирующих вознаграждений: поощрительное вознаграждение в размере среднемесячного заработка образовательной организации, в которой работает автор, и вознаграждение за использование изобретения [11].

Поощрительное вознаграждение предусмотрено также за создание и внедрение рационализаторского предложения и за содействие рационализации (выявление и разработка технических решений, оформление заявлений на рационализаторское предложение). Размер вознаграждения за содействие рационализации зависит от вида, объема, качества выполненных работ и полученного в результате этого эффекта. Размер вознаграждения за создание и использование рационализаторского предложения зависит от его сложности, объема использования, достигнутого положительного эффекта и рассчитывается по формуле [12]:

$$B=100 \times K_3 \times K_c \times K_0,$$

где K_3 – коэффициент достигнутого положительного эффекта;

K_c – коэффициент сложности технического решения;

K_0 – коэффициент объема использования рационализаторского предложения.

Поощрительное вознаграждение за разработку служебных учебников и учебных пособий для образовательных организаций МО, учебников для войск, изданных в соответствии с планами и за счет средств Министерства обороны предусмотрено приказом № 355. Его размер устанавливается в авторском договоре и составляет: за разработку учебников для образовательных организаций МО – не более трехкратной суммы установленной законом минимальной месячной оплаты труда на момент выплаты (за каждый авторский лист – 40 тыс. печатных знаков текста); за разработку учебников для войск и учебных пособий для образовательных организаций МО по вновь вводимым дисциплинам или в случае коренного изменения учебной программы – не более полуторакратной суммы минимальной месячной оплаты (за каждый авторский лист). Разработка всех остальных видов служебных произведений, выпускаемых по служебным планам за счет средств Министерства обороны, выплатой стимулирующего вознаграждения не сопровождается. Их создание стимулируется через включение соответствующих работ в состав нагрузки научно-педагогического состава. Оплата рецензирования рукописей учебников (учебных пособий) может осуществляться по решению начальников только лицам, привлеченным для выполнения этой работы со сторо-

ны. Оплата за рецензирование производится в процентном отношении от размера всего поощрительного вознаграждения в зависимости от объема рукописи (до 3 авторских листов – не более 5%; 3 авторских листа и более – от 3% до 7%) [13].

В рассмотренной системе материального стимулирования творческой деятельности в образовательных организациях МО просматривается ряд противоречий. К ним относятся:

- отсутствие методологически обоснованных показателей инновационной деятельности в рамках дополнительного материального стимулирования. Методика, применяемая в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, содержит показатели, не относящиеся к инновационным. Например, в методике учитывается занимаемая должность, ученая степень и звание. Причем эти показатели стимулируются дважды: в рамках дополнительного материального стимулирования и включением соответствующей надбавки в оклад (за научные должность и звание). Зато текущая деятельность работника, направленная на повышение интеллектуального потенциала и своей квалификации (работа над диссертационным исследованием, повышением ученого звания), в методике дополнительного материального стимулирования не учитывается, как, впрочем, не учитывается и в других видах стимулирования. Также учитываются не все показатели, например не учтены показатели воспитательной и организаторской работ;

- материальное стимулирование творческой деятельности осуществляется разрозненно. Отдельно организуются и стимулируются изобретательская работа, создание учебников и учебных пособий, достижение ученых степеней и ученых званий, совершенствование материально-технической базы и др. Наиболее разработанным является материальное стимулирование объектов интеллектуальной собственности;

- материальное стимулирование показателей инновационной деятельности дублируется разными системами оплаты – включается в состав оклада, в состав нагрузки преподавателей, в состав дополнительного материального стимулирования;

- дополнительное материальное стимулирование рассчитано только на научно-педагогических работников и не касается других категорий личного состава (инженеров, лаборантов и др.);

- объемы стимулирующих выплат за совершенствование разных показателей слабо согласованы с полученными от них эффектами. Например, стимулирующее вознаграждение за изобретение независимо от его внедрения составляет среднемесячную заработную плату по образовательной организации (около 15–20 тыс. руб.), а вознаграждение за внедренное рационализаторское предложение – около 200–500 руб. Как показывает практика, реализация созданных в образовательных организациях изобретений на рынке незначительна, а ведомственная система их внедрения отсутствует. Зато рационализаторские предложения практически на 100% внедряются в образовательной организации и приносят экономический и другие виды эффекта.

Итак, анализ состояния управления инновационной деятельностью образовательной организации с учетом сложившихся институциональных взаимосвязей выявил отсутствие ее комплексного управления, наличие управления только по отдельным видам инноваций, отсутствие однозначной обоснованной системы материального стимулирования изменений. Выявлен ряд проблем, затрагивающих все управленческие функции: планирование, организацию, координацию, мотивацию и контроль. Эти проблемы во многом обусловлены отсутствием методологически обоснованного представления об изменяемых в ходе инновационной деятельности компонентах образовательной организации и показателях, характеризующих это изменение. Инновационная деятельность отождествляется с созданием и внедрением технических инноваций и не учитывает организационно-экономические и социально-культурные инновации. Управление отдельными видами инноваций осуществляется разными министерствами и департаментами. Рассогласованность планируемых изменений организациями института высшего военного образования вызывает рассогласование целей и способов управления инновационной деятельностью в образовательной организации. При-

меняемая система материального стимулирования творческой деятельности, во-первых, не учитывает все виды деятельности, во-вторых, не охватывает все категории работников, в-третьих, дублирует показатели стимулирования разными своими подсистемами, в-четвертых, допускает субъективное толкование некоторых показателей стимулирования. Эти проблемы затрудняют комплексное управление инновационной деятельностью на уровне образовательной организации.

При разработке системы комплексного управления инновационной деятельностью следует учитывать взаимодействия на всех иерархических уровнях системы высшего военного образования. Инновационную деятельность целесообразно рассматривать как процесс взаимосвязанных инновационных обновлений ресурсов по видам деятельности в соответствии с изменившимися стратегическими целями института высшего военного образования. Систему материального стимулирования инновационной деятельности целесообразно строить на базе показателей, характеризующих изменение, возникающее после внедрения инноваций всех видов. Это позволит повысить эффективность управления инновационной деятельностью, ускорит процесс инновационных преобразований, снизит транзакционные издержки, сделает инновационную деятельность более управляемой.

Список используемых источников

1. О военных образовательных учреждениях профессионального образования Министерства обороны Российской Федерации: Постановление Правительство РФ № 1009 от 29.08.1998 г. – URL: <http://base.garant.ru/1577608/> (дата обращения: 20.01. 2016).
2. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. – URL: <http://www.academy-mozhayskogo.ru/istoricheskaja-spravka> (дата обращения: 05.02.2016).
3. Положение об органах по изобретательству Вооруженных Сил Российской Федерации: Приказ Министра обороны Российской Федерации № 340 от 04.07.1993 г. п.12. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/budget/> (дата обращения: 15.04.2014).
4. Бюджетный кодекс РФ, ст. 41. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/budget/> (дата обращения: 15.04.2014).
5. О введении новой системы расчета заработной платы работников федеральных бюджетных учреждений и гражданского персонала воинских частей: Постановление Правительства № 605 от 22.09.2007 г. – URL: <http://www.rg.ru> (дата обращения: 03.06.2015).
6. О денежном довольствии военнослужащих и предоставлении им отдельных выплат: федеральный закон Российской Федерации № 306-ФЗ от 7.11.2011 г. – URL: <http://base.garant.ru/12191544/> (дата обращения: 20.01. 2016).
7. Об утверждении правил выплат ежемесячной надбавки за особые достижения в службе военнослужащим, проходящим военную службу по контракту в Вооруженных Силах Российской Федерации: Приказ Министра обороны РФ № 500 от 21.03.2012 г. – URL: <http://officeg.ru/docs/445/> (дата обращения: 15.04.2014).
8. Об установлении учебной нагрузки профессорско-преподавательскому составу высших военно-учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации: Приказ Министра обороны РФ № 319 от 2.08.2005. – URL: <http://base.garant.ru/188559/> (дата обращения: 15.04.2014).
9. О дополнительных мерах по повышению эффективности использования фондов денежного довольствия военнослужащих и оплаты труда лиц гражданского персонала ВС РФ: Приказ Министра обороны №1010 от 26.07.2010 г. – URL: <http://base.garant.ru/199338/> (дата обращения: 20.01. 2016).
10. Положение о порядке осуществления дополнительных выплат научным работникам и профессорско-преподавательскому составу из числа гражданского персонала на повышение

оплаты труда в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского: приказание начальника ВКА имени А.Ф. Можайского №768 от 16.11.2013.

11. Гражданский кодекс: в 4 ч. – Ч.4, ст. 1370. – URL: <http://www.zakonrf.info/gk/1370/> (дата обращения: 15.04.2014).

12. Инструкция о рационализаторских предложениях в Вооруженных Силах Российской Федерации, утверждена Министром обороны РФ 29.11.2004 г.// Сборник нормативных правовых и методических документов в области правовой охраны, учета объектов интеллектуальной собственности и организации патентно-лицензионной работы в Министерстве обороны Российской Федерации. – М.: Управление начальника вооружения ВС РФ, 2007. – С. 476–514.

13. Об издательской деятельности в Вооруженных силах Российской Федерации: Приказ Министерства обороны РФ № 355 от 15.09.1996 г. – URL: <http://www.businesspravo.ru/> (дата обращения: 15.04.2014).

Artemyev A.V., Rumyantsev V.V. Methods of assessment of efficiency of management units of the aerospace defence forces in the organization of combat actions // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 5–7.

The technique of estimation of efficiency of management units of the aerospace defence forces in the organization of combat actions.

Key words: management system, indicators and criteria of effectiveness.

Sustainable information interaction operations planning model of small spacecraft cluster remote sensing of the Earth / A.A. Pavlov, A.N. Pavlov, D.A. Pavlov, A.A. Slinko // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 8–13.

The article presents sustainable information interaction operations planning model of small spacecraft cluster remote sensing of the Earth, allowing to minimize the costs of subsequent correction of the plan in terms of a single stochastic impact on the cluster elements.

Key words: cluster of small satellites, structural dynamics, sustainable plan, information interaction, remote sensing.

Khamatov A.A. Algorithm for diagnosis onboard equipment spacecraft based on fuzzy logic // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 14–25.

As part of today's requirements for autonomous spacecraft, necessity of improving the process of diagnosing the onboard equipment of spacecraft based on fuzzy logic. Presents a mathematical formulation of the problem of diagnosing onboard spacecraft equipment. Synthesized the algorithm for diagnosing equipment onboard the spacecraft example relay onboard transponder spacecraft communications.

Key words: diagnosis, fuzzy logic, the accuracy of diagnosis.

Analysis of methods and characteristics of detecting BPSK signals of global navigation satellite systems / V.S. Baholdin, D.A. Gavrillov, V.A. Dobrikov, V.F. Ivanov // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 26–33.

In article methods of detection BPSK signals of global navigation satellite systems using coherent and non-coherent accumulation are considered. The analytical ratios describing statistical characteristics of detection are given. Results of calculation of theoretical characteristics of detection BPSK signal of standard precision of GLONASS system for different types of detectors are given.

Key words: global navigation satellite system, signal of standard precision, detection BPSK signals, coherent and non-coherent accumulation, false alarm probability, true detect probability, detection threshold, detector type «M of N».

Kovalsky A.A., Teresthenko S.V., Shapovalov A.A. Models and algorithms of statistical multiplexing of a diverse traffic in terrestrial stations of satellite communication // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 34–42.

In article the organization of statistical consolidation of a diverse traffic in channeling equipment of the terrestrial stations of satellite communication (TSSC) is considered. Models of statistical consolidation and algorithms of scheduling of a diverse traffic taking into account priorities in service and not stationarity of the entering information flows are developed. Research of dependences of increase in throughput of TSSC on application of technology of statistical consolidation and change of parameters of quality of service of a diverse traffic is conducted.

Key words: statistical consolidation, scheduling of a traffic, terrestrial station of satellite communication.

Petuhov A.B., Sergeev V.A. The basic directions of development of optical-electronic means of navigation and orientation by the stars of space vehicles in the conditions of toughening of requirements to their parameters // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 43–48.

Considers the current state of optical-electronic means of navigation and orientation of the spacecraft by the stars, the substantiation requirements to the parameters given the increase in the number of solved optical-electronic tools task. The basic factors, the choice of which depend on the stellar parameters of the devices orientation, directions of their perfection to meet the requirements.

Key words: the spacecraft, orientation, accuracy, star sensor, integrated device.

Algorithm of recognition like the radiating object in aerospace on the basic of use of a spectral portrait / A.A. Babishkin, R.A. Gudaev, D.A. Rogov, S.V. Chistyakov // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 49–56.

An algorithm of recognition like the radiating object in aerospace on the basic of use of a spectral portrait has been proposed in this article.

Key words: recognition, signs, spectral portrait.

The model changes the brightness of the space object in the wiring optical supervisory means / A.S. Goryanskyi, A.A. Karytko, V.Y. Prorok, S.V. Sokolov // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 57–66.

In the article considered the dependence of the change in brightness of a space object from the phase angle of the lighting. Detected graph describing the set of possible states of the elements of the spacecraft launch, formed as a result of start-up of a space rocket. Offered an algorithm for approximating the value of the space object brightness, Fourier trigonometric polynomial. The results of the algorithm allows to produce a formal description of the process of changing the brightness of the space object in the wiring optical supervisory tool. In the article analyzes the 30 entries with the photometric observations of various space objects and to spend their clustering.

Key words: brightness, phase angle, space object, non-coordinate information collecting.

Danyluk A.S. The proposal of stochastic models for forecasting of the state of the object of monitoring // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 67–71.

The article presents a proposal to forecast possible changes in the state of monitoring activities of the facility by modeling the known stochastic properties that characterize the observed object during its entire life cycle.

Key words: vector, model, monitoring, stochastic.

Zamarin A.I., Khristichan E.V. Ultra-wideband signals detection based on the laws of their transformation in narrow-band system // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 72–81.

Ultra-wideband signals detection in the conditions of structurally-parametrical uncertainty is presented. Research of influence of ultra-wideband signal on linear narrow-band system is conducted. The way of realization detector the ultra-wideband signals, based on research of such influence is offered.

Key words: ultra-wideband signal, UWB, detection of signals, detection methods.

Lobovko V.V., Skvaznikov M.A. Complex objects hierarchical recognition method according to remote sensing data // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 82–88.

This article represents the complex ground object recognition method in solved problems of remote sensing data processing.

Key words: remote sensing, topographical interpretation, object recognition, hierarchical classification structure.

Logunov S.V., Rogov D.A., Chistyakov S.V. Method of calculation of size of gross of stars in system of the broadband optical receiver // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 89–95.

The technique of the translation of star sizes from the astronomical catalogs executed in different photometric systems in system of curve reaction of typical matrix of the CCD is described. Examples of the equations of transformation are present.

Key words: basic star, stellar magnitude, light indicator, astronomical catalog, photometric system, spectral density of power illumination, broadband receiver of radiation.

Oktyabrsky V.V. Method of selection parameters image registration the spacecraft taking into account actual irradiation given area // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 96–102.

In the article the method of selecting the image registration parameters of the spacecraft based on the actual irradiance given area that can improve the quality of multispectral images by selecting the optimal exposure time photodetector in narrow spectral bands. To confirm the performance of the method used mathematical tools used to predict the linear resolution of the terrain, taking into account parameters of onboard equipment to remote sensing of the Earth and the characteristics of surveillance sites. Numerical results demonstrate the changing values of the linear resolution on the ground when shooting in different spectral ranges. Based on the results of the research conclusions about the possibility of improving the quality of multispectral images using the proposed method.

Key words: exposure, linear ground resolution, multispectral filming.

Arhangelsky A.A., Gryznova K.S. The study of the authentication process for information security system of a departmental information network // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 103–111.

In article process of authentication for an information security system of a departmental information network is considered, the structure of an exchange of messages thus, on the basis of mathematical model is defined the average time of stay of the message in system at the admission of the client to information.

Key words: information security, authentication

Bugaev I.A., Kostyrin A.A. Entry into force of regulations in the Russian Federation // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 112–117.

Today, information - psychological influence is the main weapon information - psychological battle and operation causing serious damage to the object to which it is directed. For this reason information - psychological influence is subject to close scrutiny as experts in the field information-psychological influence (battle) and those who are called to provide information - psychological security of the person, society and country. This article analyzes the possibility of identifying one of the possible ways to impact on personality by placing potentially harmful inserts in the video stream.

Key words: hidden inserts, disparate insert, artificially created object, detector.

Sokolovsky A.N., Shvetsov A.S. Metod of increase of security of complex information systems // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 118–123.

In article the main problems of Organization of Information Security in information systems, the principles of adaptation are stated, the method of ensuring adaptive information protection on the

basis of redistribution of computing resources and masking of vulnerabilities of information system is considered.

Key word: adaptation, information protection, information systems.

Vakunenkov V.A., Putilin P.A. On the question of developing a set of long-term storage and use of cryogenic propellants in special fortifications // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 124–127.

This article summarizes the new design and technological solutions of underground special fortifications to ensure smooth functioning in the regime of complete isolation.

Key words: liquefied natural gas, LNG, special fortifications, patent, design and technological solutions, complex long-term storage, underground fortifications.

Application of modern microwave transistors in active broadband modules active phased antenna arrays / L.S. Dmitriev, T.O. Mislivtzev, D.V. Nayshuler, V.I. Nevzorov, V.F. Pavskiy // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 128–135.

The present state and the main directions of development of microwave transistors included into active modules of phased antenna arrays. The comparative characteristic of the energy potential of field-effect transistors based on a variety of semiconductor materials.

Key words: transistor, phased antenna array, semiconductor material.

Zotkin M.Y., Mironov V.I. The program definition control angle turn of a spacecraft on the parameters of the Rodrigue – Hamilton // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 136–143.

In this paper we consider a constructive method for solving boundary value problems and non-linear equations – method of the approached correcting operator that is used to define program control the angular motion of the spacecraft with the use of kinematic equations in the parameters of the Rodrigue – Hamilton. A numerical example is given to illustrate the high accuracy and speed of convergence of the computational process.

Key words: spacecraft, numerical methods, method of the approached correcting operator, the parameters of the Rodrigue – Hamilton, boundary-value problem.

Zubarev A.V., Kreyuk D.A., Prischepa D.N. Determination economic feasibility of co-generator instead of the traditional power supply system // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 144–149.

The approach to determining the technical and economic indicators of the source of combined heat and power (co-generator). We consider the current problem of the lack of proven and reliable methods of determining the economic effectiveness of the co-generator as an alternative to an external system power and heat supply special facilities of the Ministry of Defense.

Key word: power system, co-generator, load graph, fuel utilization factor, efficiency.

Kreyuk D.A., Prilutskiy A.V., Prischepa D.N. Approach to feasibility study reconstruction of supply special facility Ministry of defence // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 150–159.

An approach to solving the problem of the choice options of reconstruction of power supply system of geographically separate special object of the Defence Ministry. As the options offered to consider the energy of urban utilities (the first option), and from the perspective of an autonomous source of electricity and heat - co-generator (the second option).

The problem of the reduction of investments in the reconstruction of existing or creation of new special objects of power supply systems taking into account all the financial costs, including renovation of equipment worn out.

Key word: power system, the joint production of heat and electrical energy co-generator, the development of the object of power supply system, a one-time capital costs of financial, operational investments, feasibility study, the reconstruction of the object of a special Ministry of Defence.

Peshekhonov N.E., Rybakov V.V. Methods of choosing the main source of power supply of the Russian Federation Ministry of Defence // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 160–166.

At the present time, in connection with the re-equipment and development of infrastructure of the Russian Federation Ministry of Defense in the field of energy, become topical solution study type main source of power. At the same time decisions should help to reduce the financial costs of construction and operation of the Russian Defense Ministry. The article presents an approach to the choice of the type of the main power supply, allowing you to select an option with the least power of object listed cost.

Key words: electricity, power system, independent power supply, a feasibility study, aggregated estimate standards, reduced annual costs.

Averochkin M.V. Scientific and methodical approach to estimation efficiency of activities of officials on management of troops of service and safety military service of military school // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 167–174.

In article in relation to Russian Defense Ministry military school dependence of a condition of service of troops and safety of military service on efficiency of activities of officials for management of troops of service and safety of military service is researched. The system of performance indicators of activities of officials for management of troops of service and safety of military service, and also the corresponding model is offered.

Key words: efficiency of activities of officials, service of troops, safety of military service.

Marusenko I.V., Yakushkina N.S. Some aspects of foreign language study by Master courses learners // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 175–179.

The article considers some aspects of language learning by Master students of a military higher educational institution against the background of the 3-year experience of foreign languages teaching at the Master courses of the Military Space academy named after A.F.Mozhaisky. Foreign language methodology and tools of evaluating a Master students' proficiency level in special foreign language communicative competence have been analyzed.

Key words: specialists professional training, Master courses, Foreign Language course, special aspects of language learning in a military higher educational institution.

Steshov A.V. Rhetorical competence of research and educational personnel // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 180–184.

The article reveals the concept of rhetorical competence of research and educational personnel as a system of integrative knowledge, rhetorical skills and abilities in the form of graphic professionogram. Three levels of rhetorical competence of lecturer are explained.

Key words: rhetoric, rhetorical canon, professionogram, rhetorical competence, level of competence.

Tarasov A.V., Shalov E.V. The method of using training videos when conducting studies on psycho-pedagogical training officer's course level Military space academy named after A.F.Mozhaiskiy // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 185–189.

Psycho-pedagogical training of officer's company commander (course) link is one of the basic directions of activity of commanders (chiefs) of all levels. For methodological support of the training of the Main Department on work with personnel of the armed forces of the Russian Federation (hereinafter – HURLS the armed forces) have created educational videos. At the same time demonstration of the video should not replace direct-ing communication team leader with the trainees, and requires a methodical approach. In the article, the authors propose this approach on the example of the Military space academy named after A.F.Mozhayskiy.

Key words: psychological preparation, methodological support, training videos.

Arhangelsky A.A., Zherdev O.V. Legal bases of creation of the departmental information network // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 190–197.

In article legal basics of creation of communication networks, the principles of a regulation and regulation of their activity at the international level and within the Russian Federation, an order of formation of the international and national tables of distribution of radio frequencies are covered.

Key words: international union of telecommunication, international table of distribution of frequencies, radio-frequency range, radio-frequency resource, distribution of radio frequencies, national table of distribution of frequencies.

Zriynina N.V., Kulganov V.A., Yakovlev A.G. Results of studying of system of labor protection and health of users personal electronic computers // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 198–207.

One of tendencies of development of modern Armed Forces of the Russian Federation is increase of a role of computer information technologies for the solution of problems of management of forces and means. On this background the number of users of personal electronic computers will steadily grow in Russian Armed Forces. It causes need of improvement of system of labor protection and health of users of the personal computers (PC) which doesn't answer in most cases sanitary and hygienic standards and creates threat for their health. Hygienic, sociological and sanitary and microbiological researches on studying of working conditions of PC users are conducted. On degree of a deviation of the actual levels of factors of a working environment and labor process from hygienic standards the class of working conditions of PC users is established. According to questioning the organizational and administrative, technical and medical events held in military units and institutions of the Ministry of Defence of the Russian Federation concerning PC users are studied. Results of sanitary and microbiological researches have revealed the importance of separate working surfaces of the personal computer – the keyboard as risk factor of distribution of causative agents of infectious diseases.

Key words: personal computer, working conditions, military personnel.

Nikulin Y.A. Scientific and pedagogical potential and the training of the teaching staff of the Leningrad air force Academy of the red army during the great Patriotic war (1941–1945) // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 208–215.

The article based on the study of historical sources describes the process of forming and training scientific-pedagogical personnel in the Leningrad air force Academy of the red Army (GCA them. A. F. Mozhaysky) during the period of its creation and during the great Patriotic war.

Key words: Great Patriotic war, the air force Academy, faculty, academic Council, thesis, post-graduate, conference.

Ogorodnikov V.P. The problem of the criterion of truth and pseudoscience // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 216–224.

The article critically reviews the main existing variants of the criterion of truth. Shows that the logic criterion identifies of scientific character theory, but not its truth. In this context, analyzed a variety of modern pseudo-scientific and anti-scientific ideas, shows their illogic, ideological and methodological the absurdity. It is shown that the use of idealistic philosophy and methodology leads to a dead end as science so and humanitarian studies. Demonstrates the urgency of combating all kinds of pseudoscientific constructs. The rationale for the need to use in this struggle the dialectic of the materialist philosophy and methodology.

Key words: truth, logic, science, paranauka, pseudoscience, worldview, methodology.

Cherkasova E.M. Analysis of the management innovative activity system of the Military Space academy named after A.F. Mozhajskij with regard to the institutional relationships // Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy. – SPb.: Mozhaisky MAA, 2016. – Release 654. – P. 225–233.

The article is devoted to the analysis of the system of management of innovative activity of the Military Space academy named after A.F. Mozhajskij with regard to the institutional linkages. Identified a number of challenges in implementation of managerial functions (planning, organization, motivation and control First of all the identification of innovative activities with the activities on creation and introduction of scientific and technical innovation. Also it was found that the planning and control of individual areas of creative activity is implemented in an uncoordinated at all institutional levels. In addition, the system of motivation of creative activity does not take into account all activities, all categories of workers, repeats the performance of different stimulation subsystems, open to subjective interpretation of results. The actual is to build an integrated system of management of innovative activity allowing to carry out interrelated innovative changes applicable to all educational institutions resources.

Key words: management, innovation activity, Institute of higher military education, educations organization.

Аверочкин Михаил Викторович, помощник начальника академии по службе войск и безопасности военной службы – начальник строевого отдела Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6); тел.: 8 (812) 329-71-70.

Артемов Андрей Валерьевич, преподаватель 101-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (981) 742-15-98.

Архангельский Алексей Алексеевич, старший научный сотрудник 574-й лаборатории Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 37); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (921) 792-92-55.

Бабишкин Андрей Александрович, заместитель начальника 83-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 295-02-46.

Бахолдин Владимир Станиславович, доцент 33-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-33, e-mail: bvs@email.ru

Бугаев Иван Андреевич, преподаватель 61-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-96-87, e-mail: wwwivanwww@mail.ru

Вакуненко Вячеслав Александрович, адъюнкт кафедры фортификации и специальных сооружений Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва (191123, Россия, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22); тел.: 8 (921) 657-35-20, e-mail: vakyn@mail.ru

Гаврилов Денис Александрович, старший преподаватель 33-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-33, e-mail: gdanas@yandex.ru

Горянский Александр Сергеевич, начальник 952-й учебной лаборатории Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (911) 145-07-80, e-mail: gorynskiy@mail.ru

Грязнова Катерина Сергеевна, младший научный сотрудник 573-й лаборатории Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 37); тел.: 8 (911) 237-15-10; Voloshonokkatya@yandex.ru

Гудаев Роман Александрович, адъюнкт 83-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (921) 895-47-03.

Данилюк Андрей Степанович, заместитель начальника 62-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-54.

Дмитриев Лев Сергеевич, доцент 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 297-95-31, e-mail: tim33@list.ru

Добриков Владимир Анатольевич, доцент 33-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-33.

Жердев Олег Витальевич, старший научный сотрудник 572-й лаборатории Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 37); кандидат юридических наук; тел.: 8 (950) 022-35-73; e-mail: SPb.ZherdevO@yandex.ru

Замарин Александр Иванович, профессор 53-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-57.

Зоткин Максим Юрьевич, адъюнкт 21-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-95-21, e-mail: max053@yandex.ru

Зрянина Надежда Васильевна, преподаватель 104-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат медицинских наук; тел.: 8 (812) 347-96-93, e-mail: zrnv22@gmail.com

Зубарев Алексей Владимирович, преподаватель 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-96-44, e-mail: zubarew.a@mail.ru

Иванов Вадим Фёдорович, старший преподаватель 33-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-95-33.

Карытко Анатолий Александрович, преподаватель 95-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 841-34-95, e-mail: kurok134@yandex.ru

Ковальский Александр Александрович, старший научный сотрудник 261-й лаборатории Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 278-56-50, e-mail: sake636@mail.ru

Костырин Александр Александрович, преподаватель 61-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-96-87, e-mail: kost-78@list.ru

Кретюк Денис Александрович, старший преподаватель 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-96-44, e-mail: kretuk@mail.ru

Кулганов Владимир Александрович, профессор 104-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-96-93, e-mail: kulganof@mail.ru

Лобовко Владимир Витальевич, преподаватель 51-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-95-51.

Логунов Сергей Владимирович, преподаватель 83-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (931) 305-53-72.

Марусенко Ирина Владимировна, профессор 113-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат филологических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-96-09.

Миронов Вячеслав Иванович, профессор 21-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-21, e-mail: mironuv@yandex.ru

Мысливцев Тимофей Олегович, начальник 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 297-95-31, e-mail: tim33@list.ru

Найшулер Дмитрий Владимирович, начальник 432-й лаборатории – старший научный сотрудник Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 297-95-31, e-mail: dimadvn@mail.ru

Невзоров Валерий Иванович, доцент 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 297-95-31, e-mail: tim33@list.ru.

Никулин Юрий Анатольевич, профессор 107-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат исторических наук, доцент; тел.: 8 (911) 246-73-04; e-mail: yurniku@yandex.ru

Огородников Владимир Петрович, профессор 107-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор философских наук; тел.: 8(951) 668-24-86; e-mail: ogo-vladimir@yandex.ru

Октябрьский Владимир Валентинович, адъюнкт 51-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-95-51.

Павлов Алексей Александрович, адъюнкт 94-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (981) 172-40-25, e-mail: Pavlov2007@mail.ru

Павлов Александр Николаевич, доцент 94-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (911) 259-71-53, e-mail: pavlov62@list.ru

Павлов Дмитрий Александрович, адъюнкт 94-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (981) 172-40-25, e-mail: dpavlov239@mail.ru

Павский Владислав Филиппович, доцент 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 297-95-31, e-mail: pavsky@a-tradel.ru

Петухов Андрей Борисович, преподаватель 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (981) 790-94-39, e-mail: andrey_11_75@mail.ru

Пешехонов Николай Егорович, профессор 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-44, e-mail: peshehonov@bk.ru

Прилуцкий Александр Владимирович, ведущий инженер ООО «НГ-Энерго» (196128, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кузнецовская, 11); тел.: 8 (911) 018-24-65, e-mail: bobkins@mail.ru

Прищеп Денис Николаевич, преподаватель 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-96-44, e-mail: denisprischepa@yandex.ru

Пророк Валерий Ярославович, профессор 95-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук; тел.: 8 (911) 161-00-95, e-mail: val_prorok@mail.ru

Путилин Павел Александрович, адъюнкт кафедры систем жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва (191123, Россия, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22); тел.: 8 (812) 275-65-03, e-mail: putpasha@mail.ru

Рогов Дмитрий Александрович, начальник 83-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (911) 084-61-79.

Румянцев Вячеслав Викторович, старший преподаватель 101-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук; тел.: 8 (911) 016-92-05.

Рыбаков Вячеслав Вячеславович, начальник 153-й лаборатории – старший научный сотрудник Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-96-10, e-mail: vribakov@rambler.ru

Сергеев Виктор Александрович, доцент 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, профессор; тел.: 8 (904) 514-10-15, e-mail: sergeev_vka@mail.ru

Сквазников Михаил Алексеевич, начальник 51-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-51.

Слинько Алексей Алексеевич, адъюнкт 94-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (981) 172-40-25, e-mail: Thebestman_leshka@mail.ru

Соколов Сергей Владимирович, курсант 9-го факультета Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (911) 725-08-01, e-mail: sokolov.ice@yandex.ru

Соколовский Алексей Николаевич, старший преподаватель 24-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 212-93-43, e-mail: sokolovskij@rambler.ru

Стешов Анатолий Валентинович, профессор 109-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-97-62, e-mail: mashasteshova@mail.ru

Тарасов Александр Владимирович, заведующий 108-й кафедрой Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук; тел.: 8 (812) 327-95-04, e-mail: vka@mil.ru

Терещенко Сергей Валентинович, начальник 232-й лаборатории – старший научный сотрудник Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук; тел.: 8 (911) 794-26-45, e-mail: tertudo@bk.ru

Хаматов Андрей Анатольевич, соискатель 34-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (911) 256-89-82, e-mail: hamatoff2010@yandex.ru

Христичан Евгений Владимирович, преподаватель 53-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-57, e-mail: 89119982750 @yandex.ru

Черкасова Екатерина Михайловна, профессор 108-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат экономических наук, доцент; тел.: 8 (812) 476-03-98, e-mail: cherkasova@rambler.ru

Чистяков Сергей Владимирович, заместитель начальника Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 097-24-89.

Шалонов Евгений Владимирович, заместитель начальника Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского по работе с личным составом (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук; тел.: 8 (812) 327-95-42, e-mail: vka@mil.ru

Шаповалов Александр Александрович, научный сотрудник 263-й лаборатории Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук; тел.: 8 (911) 943-96-82, e-mail: leon27.07.87@rambler.ru

Швецов Александр Сергеевич, доцент 24-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (911) 836-57-00, e-mail: mysash@yandex.ru

Яковлев Алексей Георгиевич, доцент кафедры общей и военной гигиены с курсом военно-морской и радиационной гигиены Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6); кандидат медицинских наук, доцент; тел.: 8 (904) 636-43-57, e-mail: yag_74_sim@mail.ru

Якушкина Наталья Семёновна, доцент 113-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-96-09.

Алёхин Сергей Григорьевич, заместитель начальника 51-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-19, e-mail: 2670368@rambler.ru

Басыров Александр Геннадьевич, начальник 24-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-24, e-mail: alexanderbas@mail.ru

Башкирцев Виктор Павлович, профессор 109-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат педагогических наук, доцент; тел.: 8 (911) 218-23-57, e-mail: orbitarus@mail.ru

Волков Валерий Фёдорович, профессор 91-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор военных наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-64.

Гера Василий Иосифович, начальник 4-го факультета Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-40.

Гончаренко Владимир Анатольевич, профессор 62-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (911) 242-01-19, e-mail: vlango@mail.ru

Горбачёв Игорь Евгеньевич, доцент 27-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-24.

Григорьев Андрей Николаевич, доцент 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук; тел.: 8 (812) 347-96-51.

Карагодин Владимир Викторович, профессор 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-44, e-mail: vladimirkar@rambler.ru

Каргу Дмитрий Леонидович, начальник 22-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (911) 964-08-60, e-mail: dmitrii_kargu@mail.ru

Кириченко Дмитрий Валерьевич, начальник 4-го управления Военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, старший научный сотрудник; тел.: 8 (812) 347-95-77.

Косырев Сергей Викторович, профессор 104-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор военных наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-96-93.

Кузьмичёв Юрий Алексеевич, доцент 21-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-21.

Мальцев Георгий Николаевич, профессор 32-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-96-30.

Мануйлов Юрий Сергеевич, профессор 94-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-65, e-mail:kotmanof@rambler.ru

Мысливцев Тимофей Олегович, начальник 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-31.

Павлов Александр Николаевич, доцент 94-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-62.

Пауков Александр Борисович, начальник 102-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-96-29, e-mail: elal_04@mail.ru

Полянина Анна Иосифовна, профессор 108-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат экономических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-97-85.

Радионов Николай Васильевич, профессор 22-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор экономических наук, доцент; тел.: 8 (921) 774-09-16, e-mail: v_gorbulin@mail.ru

Репях Николай Андреевич, заведующий 109-й кафедрой Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат философских наук, доцент; тел.: 8 (911) 990-02-38, e-mail: utkinodacha@yandex.ru

Сазонов Константин Викторович, начальник 62-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-54.

Сергеев Виктор Александрович, доцент 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-27.

Цветков Кирилл Юрьевич, начальник 35-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-97-25.

Щерба Александр Николаевич, профессор 107-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); доктор исторических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-92-48, e-mail: a.n.sherba@mail.ru