

Т Р У Д Ы
ВОЕННО-КОСМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ
имени А. Ф. Можайского

Под общей редакцией
доктора технических наук,
профессора **М. М. Пенькова**

В ы п у с к 639
И ю н ь

Издается с 1942 года



Санкт-Петербург
2013

УДК 355.232.6:629.78
ББК 68.55
В 634

Редколлегия:

председатель **С.С. Суворов**, доктор физ.-мат. наук, проф.;
зам. председателя **М.М. Пеньков**, доктор техн. наук, проф.;

А.И. Замарин, доктор техн. наук, проф.; **Г.Н. Мальцев**, доктор техн. наук, проф.;
П.Н. Салов, кандидат техн. наук, доцент; **К.Ю. Цветков**, доктор техн. наук, проф.;
Ю.С. Мануйлов, доктор техн. наук, проф.; **А.Г. Ломако**, доктор техн. наук, проф.;
В.В. Козлов, доктор техн. наук, проф.; **В.Н. Арсеньев**, доктор техн. наук, проф.;
В.А. Шмалько, доктор воен. наук, проф.; **Ю.А. Никулин**, кандидат истор. наук, доцент;
В.Ф. Алексеев, доктор техн. наук, доцент; **Г.Д. Петров**, доктор техн. наук, проф.;
И.В. Грудинин, доктор воен. наук, проф.

Ответственный за выпуск:

начальник отделения военно-технической информации
А.А. Диголь

Техническая поддержка:

Н.А. Станкевич

В 634 Труды Военно-космической академии имени **А.Ф. Можайского**.
Выпуск 639 / председатель редколлегии **С.С. Суворов**; под ред.
М.М. Пенькова; ответственный за вып. **А.А. Диголь**; техн. поддержка
Н.А. Станкевич. – СПб.: ВКА имени **А.Ф. Можайского**, 2013. – 228 с.

В сборнике представлены материалы по различным направлениям научных исследований, проводимых учеными академии и представителями сотрудничающих военных вузов и научно-исследовательских организаций.

Материалы сборника могут быть полезны научным сотрудникам, преподавателям, слушателям, адъюнктам и докторантам.

УДК 355.232.6:629.78
ББК 68.55

© ВКА имени **А.Ф. Можайского**, 2013

Подписано к печ. 3.10.2013
Гарнитура Times New Roman
Усл. печ. л. 58,00

Формат печатного листа 445×300/4
Авт. л. 28,50
Заказ 2603

Бесплатно

Типография ВКА имени **А.Ф. Можайского**

«Труды Военно-космической академии имени **А.Ф. Можайского**» зарегистрированы 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.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ВОЙСК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

<i>Алексеев В.Ф., Колесников Д.Д.</i> Возможности определения нормальных высот по результатам спутниковых геодезических измерений.....	7
<i>Балуев С.Ю., Ватутин М.А.</i> Маятниковый акселерометр, функционирующий в периодическом режиме с широтно-импульсным модулятором второго рода.....	10
<i>Басотин Е.В., Дзитоев А.М.</i> Выбор параметров системы криостатирования экранов криогенно-вакуумного стенда.....	19
<i>Гильванов П.Р., Лоскот А.И.</i> Методическое сопровождение системы радиационного контроля аппаратуры «Призма».....	26
<i>Дьяков А.Н., Черезов А.В.</i> Анализ стоимости жизненного цикла образцов вооружения и военной техники.....	31
<i>Ершов Д.С., Пузанков С.В., Харин В.Н.</i> Методика относительного оценивания качества функционирования метрологических подразделений.....	34
<i>Исхаков Ш.Ш., Ковалев Ф.Е., Мохнаткин А.П.</i> Физическая взаимосвязь между жесткостью и несущей способностью строительных конструкций при вибрационной диагностике технического состояния стартовых сооружений.....	39
<i>Калинин Т.В., Лактюхин О.А., Хрестинин Д.В.</i> Применение адаптированной методики технического обслуживания процессора ввода-вывода многопроцессорного вычислительного комплекса.....	45
<i>Карагодин В.В., Горин В.А.</i> Математическая модель параллельно работающих генераторов, адаптированная к решению задач оптимизации...	50
<i>Козин П.А., Старчуков Д.С., Шмаков Р.Б.</i> Планирование эксперимента и выбор состава бетонов с зольсодержащими добавками при помощи методов регрессионного анализа.....	55
<i>Логунов С.В., Катюха Р.В., Чистяков С.В.</i> Алгоритм формирования частного фотометрического каталога опорных звезд в системе современного приемника излучения.....	68
<i>Лоскутов А.И., Дуников А.С., Рыжов И.А.</i> Возможность применения би-спектрального анализа для поиска границ двоичных символов группового телеметрического сигнала.....	75

<i>Некрасов И.Н., Буяков С.Н., Глуханов А.С.</i> Методика формирования диагностического теста для определения технического состояния систем вентиляции и кондиционирования воздуха объектов стартовой позиции...	81
<i>Пешехонов Н.Е., Булат В.А., Рыбаков В.В.</i> Методика выбора рационального состава резервных источников электроснабжения для специальных объектов Войск воздушно-космической обороны.....	86
<i>Привалов А.Е., Кочанов И.А., Бугайченко П.Ю.</i> Онтологический подход к формированию ситуационной осведомленности при управлении эксплуатацией ракетно-космическим комплексом.....	93
<i>Салов П.Н., Мандрица Д.П., Шмаков Р.Б.</i> Обоснование уровней безопасности стартового комплекса ракеты-носителя в условиях нештатных ситуаций и аварийных взрывов.....	99
<i>Сурин Д.В., Шевчук А.М., Лунис И.В.</i> Методика оценки живучести отдельного командно-измерительного комплекса в условиях противодействия обычным средствам поражения противника.....	103

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

<i>Гончаров А.М., Галанкин А.В., Чащин С.В.</i> Система показателей на основе анализа параметров сетевого трафика для обнаружения начала информационно-технических воздействий на элементы вычислительной системы (сети) Главного испытательного космического центра.....	107
<i>Скорыходов Я.А., Каргин В.А.</i> Методика оценивания результатов летных испытаний баллистических ракет США в условиях действия Договора о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений.....	113

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЙСК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

<i>Алешкин А.П., Мысливцев Т.О.</i> Компенсация неидентичности трасс распространения тестовых сигналов при реализации дуплексного метода сличения шкал удаленных синхронизаторов на основе синтеза опорной функции по эфемеридной информации.....	118
<i>Дворецкий Е.М., Замалиев Ф.Ф., Козин Е.В., Симонов Ю.Н.</i> Сравнительный анализ создания цифрового ортофотоплана с использованием программного комплекса AGISOFT PHOTOSCAN и цифровой фотограмметрической станции ФОТОМОД.....	124

<i>Изергин Д.А.</i> Использование сверхбольших интегральных схем и программируемых логических интегральных схем при создании макетов средств сбора и обработки информации.....	129
<i>Легков К.Е., Ледянкин И.А.</i> К вопросу построения информационных процессов сбора и хранения информации о своих войсках в автоматизированных системах управления войсками.....	134
<i>Легков К.Е., Миронов О.Ю., Ледянкин И.А.</i> Основные направления распределения данных в мультипротокольной сети передачи данных специального назначения.....	138
<i>Маковский В.Н., Тюстин М.М.</i> Современные методы определения местоположения мобильных терминалов.....	142
<i>Негодин Д.В., Хашагульгов Р.А.-М., Михалченков А.А.</i> Анализ развития средств обнаружения и распознавания воздушного противника в радиотехнических войсках, проблемы и возможные пути их решения.....	146
<i>Харченко А.В., Топчий П.Н., Рябишк С.А.</i> Применение ортогональных преобразований для компенсации преднамеренных помех.....	153

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Багрецов С.А., Мищенко Э.В.</i> Система отбора кандидатов и подготовки специалистов в системе военного образования с учетом распределения имеющихся ресурсов.....	163
<i>Быкова А.Н.</i> Совершенствование практики обучения иностранным языкам на основе обновленной педагогической стратегии.....	170
<i>Гайдук А.А., Смирнов Г.И., Мирошниченко С.А.</i> Об истории подготовки специалистов по эксплуатации средств ракетно-космической обороны...	174
<i>Гуторович О.В., Конорев В.В.</i> Гуманитаризация образования как веление времени (философский аспект).....	180
<i>Доронин А.П.</i> Концептуально-методологические основы построения тезауруса.....	186
<i>Лаушкин С.А.</i> Вопросы опубликования нормативных правовых актов в Российской Федерации.....	191
<i>Марусенко И.В., Якушкина Н.С.</i> Формирование военно-профессиональных речевых компетенций в ходе преподавания дисциплины «Военный перевод».....	199
<i>Сверзolenко В.А., Селиванов А.О., Дубровин Д.А.</i> К вопросу о физических упражнениях не ради мышечного корсета.....	203

Рефераты статей.....	211
Сведения об авторах.....	218
Сведения о рецензентах.....	225

В.Ф. Алексеев,
доктор технических наук, доцент;
Д.Д. Колесников

ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Статья содержит теоретическое обоснование для построения цифровой модели высот квазигеоида на локальный район. Рассмотрено решение задачи на основе разности дисперсий ошибок.

Ключевые слова: высота квазигеоида, нормальная высота, геодезическая высота, спектр Фурье, дисперсия.

Оперативное определение с высокой точностью нормальных высот пунктов земной поверхности является актуальной задачей как в топографо-геодезическом производстве, так и при геодезическом обеспечении оперативно-тактических комплексов Сухопутных войск. С активным внедрением в практику геодезических работ приемной аппаратуры, работающей по сигналам спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС, открываются новые возможности решения данной задачи. Теперь оперативное определение нормальных высот может сводиться к сравнению геодезической высоты пункта, полученной из обработки спутниковых измерений, и аномалии высоты (высоты квазигеоида над поверхностью эллипсоида). Аномальную часть геодезической высоты следует задавать с помощью цифровой модели. Понятно, что точность такой модели должна быть сопоставима с величиной средней квадратической ошибки измерения геодезической высоты спутниковым методом. В настоящей статье предлагается способ создания такой модели.

Будем исходить из того, что в нескольких опорных пунктах получены аномалии высоты путем решения уравнения

$$\zeta_i = H_i - H_i^* \quad (1)$$

где H_i – геодезическая высота опорного пункта;

H_i^* – нормальная высота опорного пункта.

Необходимо определить, с какой детальностью следует получить эти опорные пункты, чтобы определять высоты квазигеоида в пунктах нивелирования с допустимой средней квадратической ошибкой из решения задачи интерполирования.

Поставленная задача может быть решена двумя способами. Первый способ решения задачи сформулирован в работе [1]. Изложим данный подход применительно к рассматриваемой задаче.

Пусть функция высот квазигеоида $\zeta(x, y)$ имеет спектр Фурье

$$S_\zeta(\omega_x, \omega_y) = F^+[\zeta(x, y)], \quad (2)$$

где F^+ – оператор прямого преобразования Фурье.

Замена функции набором равноудаленных друг от друга точек приведет к подавлению высокочастотной части спектра исходной функции или, иначе говоря, к ее сглаживанию. Спектр сглаженной функции будет иметь вид:

$$S_\zeta^{\text{сгл}}(\omega_x, \omega_y) = S_\zeta(\omega_x, \omega_y)\Phi(\omega_x, \omega_y, a, b), \quad (3)$$

где $\Phi(\omega_x, \omega_y, a, b)$ – частотная характеристика оператора сглаживания, определяемая по формуле [2, 5]

$$\Phi(\omega_x, \omega_y, a, b) = \frac{\sin \frac{a\omega_x}{2}}{\frac{a\omega_x}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{b\omega_y}{2}}{\frac{b\omega_y}{2}}. \quad (4)$$

Следовательно, спектр Фурье ошибок за счет сглаживания исходной функции будет определяться из уравнения

$$S_{\zeta}^{\delta}(\omega_x, \omega_y) = S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y) - S_{\zeta}^{\text{сгл}}(\omega_x, \omega_y) = S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y) [1 - \Phi(\omega_x, \omega_y, a, b)]. \quad (5)$$

Отсюда, воспользовавшись зависимостью между дисперсией и функцией спектральной плотности мощности [4], находим дисперсию ошибки за счет сглаживания исходных данных:

$$D_{\zeta}^{\delta} = (m_{\zeta}^{\delta})^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |S_{\zeta}^{\delta}(\omega_x, \omega_y)|^2 d\omega_x d\omega_y. \quad (6)$$

Здесь $|S_{\zeta}^{\delta}(\omega_x, \omega_y)|^2 = S_{\zeta}^{\delta}(\omega_x, \omega_y) \cdot S_{\zeta}^{\delta*}(\omega_x, \omega_y)$, где * – символ комплексного сопряжения.

Учитывая четность подынтегральной функции, окончательно получим уравнение

$$D_{\zeta}^{\delta} = (m_{\zeta}^{\delta})^2 = 4 \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} |S_{\zeta}^{\delta}(\omega_x, \omega_y)|^2 d\omega_x d\omega_y = 4 \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} |S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y)|^2 [1 - \Phi(\omega_x, \omega_y, a, b)]^2. \quad (7)$$

Идея другого подхода изложена в работе [5]. Применительно к рассматриваемой задаче исходным уравнением будет

$$D_{\zeta}^{\delta} = D_{\zeta} - D_{\zeta}^{\text{сгл}}, \quad (8)$$

где D_{ζ} – дисперсия исходной функции высот квазигеоида, которая определяется выражением

$$D_{\zeta} = m_{\zeta}^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y)|^2 d\omega_x d\omega_y, \quad (9)$$

где $D_{\zeta}^{\text{сгл}}$ – дисперсия сглаженной функции высот квазигеоида, определяемая как

$$D_{\zeta}^{\text{сгл}} = (m_{\zeta}^{\text{сгл}})^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |S_{\zeta}^{\text{сгл}}(\omega_x, \omega_y)|^2 d\omega_x d\omega_y. \quad (10)$$

Подставив эти функции в исходное уравнение (8), получим

$$D_{\zeta}^{\delta} = (m_{\zeta}^{\delta})^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y)|^2 [1 - \Phi^2(\omega_x, \omega_y, a, b)] d\omega_x d\omega_y. \quad (11)$$

Наконец, принимая во внимание, как и в уравнении (7), четность подынтегральной функции, можно записать окончательное уравнение в виде

$$D_{\zeta}^{\delta} = (m_{\zeta}^{\delta})^2 = 4 \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} |S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y)|^2 [1 - \Phi^2(\omega_x, \omega_y, a, b)] d\omega_x d\omega_y. \quad (12)$$

Для реализации формул (7), (12) осталось определить только вид функции $|S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y)|^2$, характеризующей спектральную плотность исходного поля высот квазигеоида. Эту функцию целесообразно задать с помощью одной из моделей марковского типа, например, модели III порядка (модели Джордана) [3]

$$|S_{\zeta}(\omega_x, \omega_y)|^2 = \frac{5D_{\zeta}}{2\pi\mu[\mu^2 + (\omega_x^2 + \omega_y^2)]^2}, \quad (13)$$

где D_{ζ} – дисперсия функции $\zeta(x, y)$;

μ – параметр, связанный с радиусом корреляции R_c исходного поля высот квазигеоида соотношением [3] $\mu = R_c/2.905$.

Используя уравнения (7) и (12), оценим допустимый шаг дискретизации высот квазигеоида. Пусть необходимо найти максимально допустимые a и b в уравнении (4), чтобы средние квадратические ошибки m_ζ не превысили бы 0,05 м. Предположим, что исходные высоты геоида сглаживаются по квадратным площадкам, и, следовательно, необходимо определять только параметр a .

На основании изложенного можно определить следующий порядок построения цифровой модели квазигеоида.

1. С учетом степени аномальности гравитационного поля рассчитывается значение допустимой дискретности между опорными пунктами.
2. На каждом опорном пункте определяется значение высоты квазигеоида путем сравнения геодезической высоты пункта, полученной из обработки спутниковых измерений, и нормальной высоты, полученной из геометрического нивелирования.
3. Методом интерполяции между опорными пунктами вычисляются высоты квазигеоида в заданных пунктах.

Список используемых источников

1. *Алексеев В. Ф., Яковлев А. И.* Об определении шага дискретизации гравиметрической информации // Маркшейдерское дело и геодезия. – СПб.: СПГГИ (ТУ), 2001. – С. 15 – 20.
2. Гравиразведка: справочник геофизика. – М.: Недра, 1981. – 396 с.
3. *Левицкая З. Н.* Статистические модели аномальных характеристик гравитационного поля Земли // Гравиметрические исследования на море. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – С. 26 – 46
4. *Свейников А. А.* Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 463 с.
5. Точностные вопросы вычисления уклонений отвеса по сглаженным аномалиям силы тяжести / Л. П. Пеллинен, Ю. М. Нейман, С. В. Лебедев, А. А. Дронин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1980. – №5. – С.38 – 44.

С.Ю. Балувев,

кандидат технических наук;

М.А. Ватугин,

кандидат технических наук, доцент

МАЯТНИКОВЫЙ АКСЕЛЕРОМЕТР, ФУНКЦИОНИРУЮЩИЙ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ МОДУЛЯТОРОМ ВТОРОГО РОДА

В статье обобщены подходы к исследованию периодических режимов в системах автоматического управления с широтно-импульсным модулятором второго рода (ШИМ-2) в цепи обратной связи. Обобщены результаты численного интегрирования на примере функционирования маятникового акселерометра компенсационного типа с ШИМ-2 в условиях воздействия возмущений. Даны рекомендации по минимизации влияния возмущений в процессе эксплуатации акселерометров маятникового типа с ШИМ-2.

Ключевые слова: датчики, периодический режим, погрешность измерения ускорения, акселерометр, широтно-импульсная модуляция, возмущение.

ВВЕДЕНИЕ

Акселерометры являются одними из важнейших средств измерения в составе систем управления движением (СУД) космических аппаратов (КА). Точность ориентации и навигации КА напрямую зависит от информации, получаемой от акселерометров. Для минимизации ошибок в навигации КА актуальна проблема снижения погрешностей акселерометров, особенно в условиях воздействия различных возмущений. Среди многочисленных типов акселерометров широкое распространение получили маятниковые акселерометры компенсационного типа, которые имеют средние точностные характеристики и относительно невысокую стоимость.

В настоящее время существует возможность улучшения точностных характеристик маятниковых акселерометров путем минимизации имеющихся в системе нелинейностей, которые обуславливают инструментальную погрешность измерения ускорений. Минимизация погрешностей достигается путем перевода чувствительного элемента (ЧЭ) акселерометра в режим гармонических колебаний. Такой перевод можно осуществить несколькими способами, одним из которых может быть способ, при использовании которого применяют широтно-импульсный модулятор второго рода (ШИМ-2). Как показал сравнительный анализ точностных характеристик функционирования маятникового акселерометра, самые лучшие показатели с точки зрения минимизации погрешностей имеет способ приведения ЧЭ в режим вынужденных колебаний с помощью ШИМ-2 [5].

Определение значений параметров ШИМ-2, необходимых для осуществления периодического режима функционирования инерциального акселерометра компенсационного типа, является частью составной задачи параметрического синтеза акселерометров данного типа с ШИМ-2. Параметрический синтез акселерометра с ШИМ-2 является сложной многокомпонентной задачей, требующей проведения большого объема исследований, цель которых состоит в выявлении положительных и отрицательных факторов, влияющих на качество функционирования акселерометра в периодическом режиме, а также на постоянство его характеристик. Исследования функционирования акселерометров в периодическом режиме проводились с рядом ограничений и допущений, одним из которых являлось отсутствие внешних возмущений. При проектировании акселерометров компенсационного типа, функционирующих в периодическом режиме, влияние возмущений как внутренних, так и внешних должно

учитываться, так как при этом уточняется весь спектр технических и эксплуатационных характеристик. Поэтому важнейшая задача заключается в выявлении влияния возмущений на самых ранних стадиях технического проектирования.

Периодический режим работы акселерометров компенсационного типа возможен при выполнении определенных условий, которые были выявлены при проведении исследований и моделирования функционирования акселерометра в периодическом режиме [5]. Однако комплексные исследования влияния внешних возмущений на акселерометр в периодическом режиме не проводились. Прямое использование акселерометров, функционирующих в периодическом режиме на борту КА без учета влияния внешних возмущений, может привести к существенному ухудшению их точностных характеристик, а при определенных условиях – и к выходу из строя таких акселерометров. Поэтому задача, решаемая в данной работе, является актуальной и важной в плане обеспечения надежной и длительной работы акселерометров компенсационного типа в периодическом режиме с ШИМ-2.

Режим вынужденных колебаний с ШИМ-2 имеет существенную особенность, состоящую в том, что ЧЭ совершает колебания в строгом соответствии с последовательностью управляющих импульсов. Такой режим функционирования называется периодическим режимом. Другой важной причиной перевода ЧЭ в периодическое движение является то, что маятниковый акселерометр приобретает свойство временного модулятора, при этом выходная величина является параметром времени, зависимость выход-вход легко преобразуется в цифровой вид, что удобно для последующей статистической обработки.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКСЕЛЕРОМЕТРА, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО В ПЕРИОДИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

В настоящей статье рассмотрена математическая модель маятникового акселерометра, функционирующего в периодическом режиме с ШИМ-2, и приводится результат исследований влияния возмущений на погрешность измерений ускорения.

Проведение такого рода исследований необходимо для учета влияния внешних возмущений на погрешность измерений и определения граничных условий функционирования маятниковых акселерометров с ШИМ-2. В качестве исследуемого акселерометра использован акселерометр ЦЕ-199. Принцип функционирования маятникового акселерометра ЦЕ-199 поясняется в [2]. Функциональная схема акселерометра ЦЕ-199 показана на рис. 1.

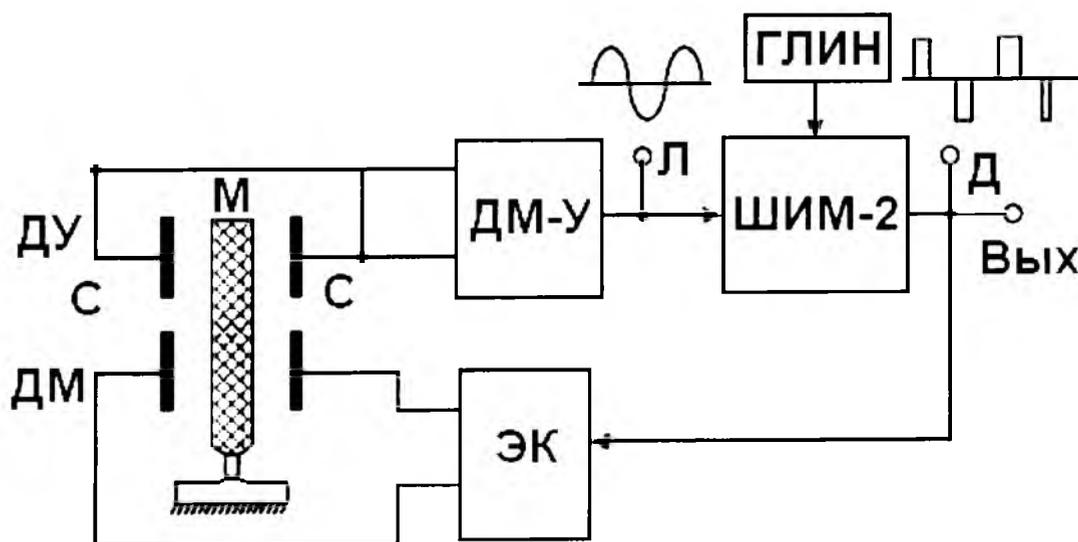


Рис. 1. Функциональная схема акселерометра ЦЕ-199 с ШИМ-2

На рис. 1 показаны ДУ – датчик угла, ДМ – датчик момента, ЭК – электронный ключ, ГЛИН – генератор линейно изменяющегося напряжения, ДМ-У – демодулятор-усилитель.

Функционально ШИМ-2 – это устройство, которое предназначено для формирования импульсной последовательности с заданным периодом дискретизации – T , заданной амплитудой – h и модулированной скважностью – γ_i . Скважность импульсной последовательности γ_i в ШИМ-2 формируется при сравнении текущего значения сигнала U с некоторым опорным сигналом $U_{оп}$. При воздействии ускорения длительности управляющих импульсов ШИМ-2 τ_1 и τ_2 будут различны. Измерительной схемой производятся заполнение интервалов τ_1 и τ_2 счетными импульсами высокой частоты, последующий их подсчет, нахождение разности, суммы и отношения. На выходе измерительной схемы получается число, пропорциональное входному ускорению.

Особенность функционирования маятникового акселерометра с ШИМ-2 [1, 2] состоит в том, что такого типа прибор способен измерять медленно меняющиеся или постоянные сигналы, которые соответствуют условию

$$|a(t + T_0) - a(t)| \ll |a(t)|. \quad (1)$$

Из условия (1) следует, что изменение входного сигнала $a(t)$ за период движения ЧЭ акселерометра – T_0 должно быть минимальным, в идеальном случае – равным нулю. Однако возмущения характеризуются разнообразным частотным спектром и различными амплитудами. При этом возмущения оказывают непосредственное влияние на качество измерений. Задача исследований заключается в том, чтобы оценить, насколько существенно влияние возмущений различных частоты и амплитуды для того, чтобы предусмотреть меры минимизации воздействий этих возмущений в процессе функционирования акселерометра с ШИМ-2 на борту КА.

Проведены исследования одного из типов возмущений – искажения опорного линейно изменяющегося сигнала, поступающего от ГЛИН. Математическая модель, в соответствии с которой проводились исследования, характеризует динамику ЧЭ акселерометра в условиях воздействий этих возмущений.

Математическая модель непрерывной части системы вместе с ШИМ-2 представлена разностными уравнениями со смещенным аргументом [4, 5]:

$$\begin{cases} \bar{x}(i+\varepsilon) = \bar{A}^*(\varepsilon) \bar{x}(i) + h \bar{b}^*(\varepsilon) \operatorname{sign} e(i) + \bar{m}^*(\varepsilon) f(i) \\ y(i+\varepsilon) = \bar{c}^T \bar{x}(i+\varepsilon), \end{cases} \quad (2)$$

где

$$\bar{A}^*(\varepsilon) = e^{\bar{A}\varepsilon T}, \quad (3)$$

$$\bar{b}^*(\varepsilon) = \begin{cases} \int_0^{\varepsilon T} e^{\bar{A}\sigma} \bar{b} d\sigma, & \text{если } 0 \leq \varepsilon \leq \gamma_i, \\ \int_{(\varepsilon - \gamma_i)T}^{\varepsilon T} e^{\bar{A}\sigma} \bar{b} d\sigma, & \text{если } \gamma_i \leq \varepsilon \leq 1, \end{cases} \quad (4)$$

$$\bar{m}^*(\varepsilon) = \int_0^{\varepsilon T} e^{\bar{A}\sigma} \bar{m} d\sigma. \quad (5)$$

Здесь ε, σ – параметры, которые можно изменять от 0 до 1.

В этом случае на интервале $iT \leq t \leq (i+1)T$ в качестве ошибки $e(t)$ можно рассматривать $e(i+\varepsilon)$:

$$e(i+\varepsilon) = g(i+\varepsilon) - y(i+\varepsilon) = g(i+\varepsilon) - \bar{c}^T \bar{x}(i+\varepsilon). \quad (6)$$

Составляющая $\bar{m}^*(\varepsilon)$ в уравнении (2) характеризует влияние возмущений $f(i)$ на движение ЧЭ акселерометра.

Опорный сигнал ГЛИН $e_{оп}(t)$ обычно имеет пилообразную форму. На интервале $iT \leq t \leq (i+1)T$ этот сигнал имеет вид

$$e_{оп} = \beta \varepsilon \text{sign } e(i) + \phi(i + \varepsilon), \quad (7)$$

где β – постоянный коэффициент, определяющий крутизну $e_{оп}(t)$;

$\phi(i + \varepsilon)$ – возмущение ГЛИН, обусловленное помехами электронных компонентов.

При исследованиях функционирования акселерометра ЦЕ-199 значения $\phi(i + \varepsilon)$ изменялись в определенном диапазоне.

Скважность импульсов определяется в моменты совпадения основного и опорного сигналов, т.е. в моменты $t = (i + \gamma_i)T$. В уравнениях (6) и (7) им соответствует $\varepsilon = \gamma_i$. Приравняв их правые части, получим

$$g(i + \gamma_i) - \bar{c}^T \bar{x}(i + \gamma_i) = \beta \gamma_i \text{sign } e(i) + \phi(i + \varepsilon). \quad (8)$$

Скважность γ_i определяется решением уравнения (8). Если положительное решение отсутствует, то $\gamma_i = 1$. Уравнение (8), как правило, является нелинейным. Поэтому его решение можно найти лишь методом последовательных приближений.

В условиях воздействия возмущений движение ЧЭ акселерометра имеет сложный вид, близкий к форме несимметричной периодической функции.

Структурная схема акселерометра ЦЕ-199 с ШИМ-2 показана на рис. 2.

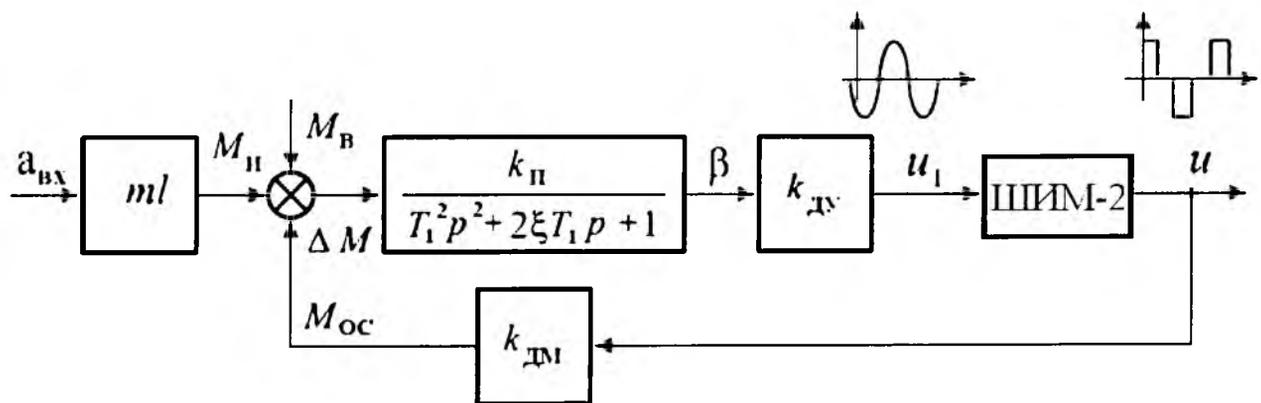


Рис. 2. Структурная схема акселерометра ЦЕ-199 с ШИМ-2

Известно, что динамика движения ЧЭ маятникового акселерометра в общем случае описывается колебательным звеном. Для описания математической модели маятникового акселерометра с ШИМ-2 вполне допустимо использовать передаточную функцию линейной части акселерометра, состоящую из двух апериодических звеньев. При этом допускается, что входное воздействие соответствует неравенству (1). В этом случае ограничение (1) позволяет исследовать вместо колебательного звена апериодическое звено второго порядка с задан-

ными постоянными времени T_1 и T_2 , которые определены параметрическим синтезом маятникового акселерометра с ШИМ-2 при моделировании системы:

$$\frac{k}{T_1^2 p^2 + 2\xi T_1 p + 1} \approx \frac{k}{(T_1' p + 1) \cdot (T_2'' p + 1)}. \quad (9)$$

Передаточную функцию маятникового акселерометра с ШИМ-2 $W(p)$ можно представить в виде

$$W(p) = \sum_{v=1}^n \frac{R_v}{T_v p + 1}. \quad (10)$$

Корни p_v полинома знаменателя передаточной функции $W(p)$ – простые вещественные отрицательные, т.е. $p_v = -1/T_v$, где T_v – постоянные времени характеристического уравнения. Матричное уравнение (2) можно заменить системой из n независимых уравнений первого порядка, в которых $\bar{A}^* = d_v$, $\bar{b}^* = R_v(1-d_v)$, $d_v = e^{-T/T_v}$, где R_v – параметр разложения $W(p)$ на элементарные дроби [2].

Для акселерометра элементы передаточной функции (9) равны:

$$\begin{cases} R_1 = kT_1(T_1 - T_2)^{-1}, \\ R_2 = -kT_2(T_1 - T_2)^{-1}, \\ d_1 = e^{-T/T_1}, \\ d_2 = e^{-T/T_2}. \end{cases} \quad (11)$$

При измерении ускорения $a(t)$ ЧЭ акселерометра будет совершать несимметричные колебания, поэтому такой режим функционирования акселерометра получил название несимметричного режима. Скважности управляющих импульсов для несимметричного режима различны и имеют значения γ_0 и γ_1 , поэтому и переменные состояния будут различны. Они определяются системой из двух разностных уравнений, которые в общем виде будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \bar{x}(0, \gamma_0) = \bar{x}_{\gamma_0} = \bar{A}_{\gamma_0}^* \bar{x}_0 + h\bar{b}_{\gamma_0}^* + \bar{m}^* f(i), \\ \bar{x}(1, \gamma_1) = \bar{x}_{\gamma_1} = \bar{A}_{\gamma_1}^* \bar{x}_1 - h\bar{b}_{\gamma_1}^* + \bar{m}^* f(i). \end{cases} \quad (12)$$

Применительно к ПФ акселерометра (9) правые части системы уравнений (12) преобразуются к виду:

$$\begin{cases} \bar{c}^T \bar{x}_{\gamma_0} = h(B_1 + B_2) + f(i)(C_1 + C_2), \\ \bar{c}^T \bar{x}_{\gamma_1} = h(B_3 + B_4) + f(i)(C_3 + C_4), \end{cases} \quad (13)$$

где коэффициенты B_1, B_2, C_1, C_2 определяют движение ЧЭ акселерометра в первом полу-периоде, а коэффициенты B_3, B_4, C_3, C_4 определяют его движение в последующем полу-периоде, т.е.

$$B_1 = R_1 \frac{d_1(d_1^{1-\lambda_0} - d_1) - (d_1^{1-\lambda_1} - d_1)}{1 - d_1^2}; \quad B_2 = R_2 \frac{d_2(d_2^{1-\lambda_0} - d_2) - (d_2^{1-\lambda_1} - d_2)}{1 - d_2^2};$$

$$B_3 = R_1 \frac{(d_1^{1-\lambda_0} - d_1) - d_1(d_1^{1-\lambda_1} - d_1)}{1 - d_1^2}; \quad B_4 = R_2 \frac{(d_2^{1-\lambda_0} - d_2) - d_2(d_2^{1-\lambda_1} - d_2)}{1 - d_2^2};$$

$$C_1 = R_1 \frac{d_1(d_1^{1-\lambda_0} - d_1) - (d_1^{1-\lambda_1} - d_1)}{1 - d_1^2}; \quad C_2 = R_2 \frac{d_2(d_2^{1-\lambda_0} - d_2) - (d_2^{1-\lambda_1} - d_2)}{1 - d_2^2};$$

$$C_3 = R_1 \frac{(d_1^{1-\lambda_0} - d_1) - d_1(d_1^{1-\lambda_1} - d_1)}{1 - d_1^2}; \quad C_4 = R_2 \frac{(d_2^{1-\lambda_0} - d_2) - d_2(d_2^{1-\lambda_1} - d_2)}{1 - d_2^2}$$

Элементы вектора состояния равны:

$$d_1^{1-\gamma_0} = e^{-\frac{T}{T_1}(1-\gamma_0)}; \quad d_1^{1-\gamma_1} = e^{-\frac{T}{T_1}(1-\gamma_1)}; \quad d_2^{1-\gamma_1} = e^{-\frac{T}{T_2}(1-\gamma_1)}; \quad d_2^{1-\gamma_0} = e^{-\frac{T}{T_2}(1-\gamma_0)};$$

$$d_1^{\gamma_1} = e^{\frac{T}{T_1}\gamma_1}; \quad d_2^{\gamma_1} = e^{\frac{T}{T_2}\gamma_1}; \quad d_2^{\gamma_0} = e^{\frac{T}{T_2}\gamma_0}; \quad d_2^{\gamma_1} = e^{\frac{T}{T_2}\gamma_1}.$$

Скважности импульсов γ_0 и γ_1 определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} a - h \left[\frac{R_1(1 - d_1^{\gamma_0})}{1 + d_1} + \frac{R_2(1 - d_2^{\gamma_0})}{1 + d_2} \right] = \beta \cdot \gamma_0 + \phi (i + \varepsilon), \\ a - h \left[\frac{R_1(1 - d_1^{\gamma_1})}{1 + d_1} + \frac{R_2(1 - d_2^{\gamma_1})}{1 + d_2} \right] = \beta \cdot \gamma_1 + \phi (i + \varepsilon). \end{cases} \quad (14)$$

На рис. 3 показан пример определения скважности импульсов γ_0 и γ_1 .

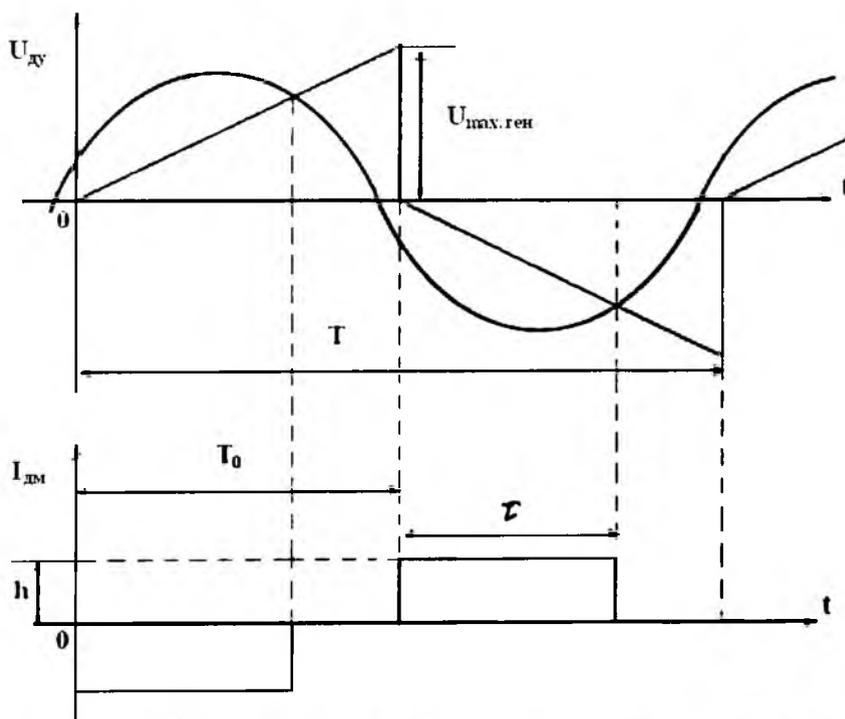


Рис. 3. Периодический режим акселерометра с ШИМ-2

На рис. 3 обозначены: T – период колебаний, T_0 – период следования пилообразных импульсов, τ и h – длительность и амплитуда управляющего импульса ШИМ-2. Скважность управляющего импульса определяется из отношения

$$\gamma = \frac{\tau}{T_0}. \quad (15)$$

Математическая модель динамики ЧЭ маятникового акселерометра с ШИМ-2 состоит из систем уравнений (2), (13) и (14). На основе этой математической модели проведено численное моделирование функционирования акселерометра ЦЕ-199 с ШИМ-2 в условиях воздействия внешних возмущений [2, 3]. Прямое использование маятниковых акселерометров, функционирующих в периодическом режиме на борту КА без учета влияния внешних возмущений, может привести к существенному ухудшению их точностных характеристик, а при определенных условиях – и к выходу из строя таких акселерометров. Поэтому задача по оцениванию влияния внешних возмущений на функционирование маятникового акселерометра в периодическом режиме является актуальной и важной в плане обеспечения надежной и длительной его работы.

В исходном состоянии без влияния внешних возмущений ЧЭ акселерометра ЦЕ-199 под воздействием управляющих импульсов с ШИМ-2 будет совершать колебания, форма которых показана на рис. 4.

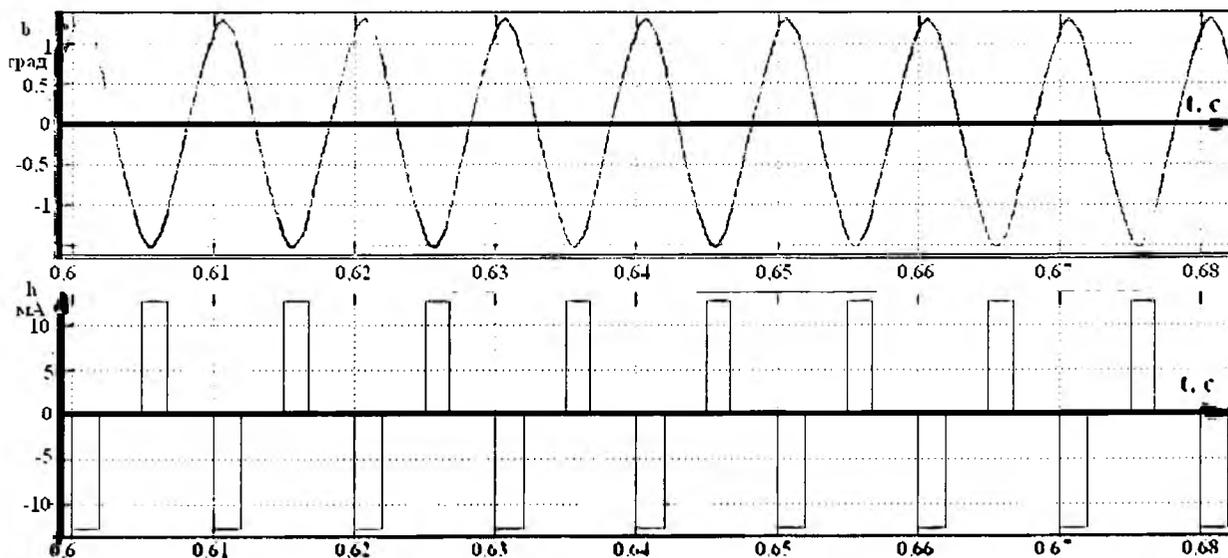


Рис. 4. Форма колебаний ЧЭ акселерометра ЦЕ-199 без возмущений

В качестве исходных данных для численного моделирования [2] были взяты следующие параметры ЧЭ акселерометра ЦЕ-199:

- коэффициент линейной части ПФ акселерометра $k_n = 6$;
- постоянная времени $T_1 = 2,7 \cdot 10^{-3}$ с;
- коэффициент затухания $\xi = 0,13$;
- диапазон измерения ускорения ± 1 м/с²;
- частота движения ЧЭ ДУС $f = 100$ Гц.

При воздействии внешних возмущений форма колебаний ЧЭ акселерометра ЦЕ-199 отличается и тем существенней, чем больше амплитуда возмущений ГЛИН. В качестве примера на рис. 5 показана форма сигнала ГЛИН при воздействии возмущений с амплитудой 0,2 В и с частотой $f_{\text{возм}}$, равной 60 Гц.

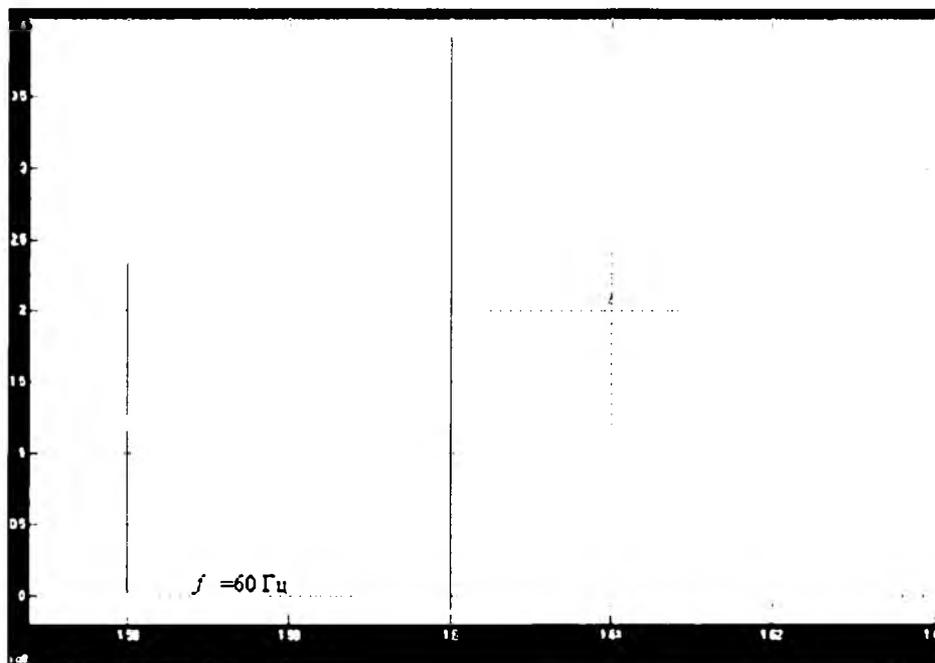


Рис. 5. Форма колебаний ЧЭ акселерометра ЦЕ-199 при воздействии возмущений с частотой 60 Гц и амплитудой 0,2В

Форма колебаний ЧЭ акселерометра ЦЕ-199 зависит от амплитуды и частоты возмущений. При воздействии возмущений ошибка акселерометра ЦЕ-199 увеличивается тем больше, чем больше амплитуда возмущений. Результаты исследований влияния возмущений от ГЛИН на ошибку акселерометра ЦЕ-199, функционирующего с ШИМ-2, обобщены и представлены на рис. 6.

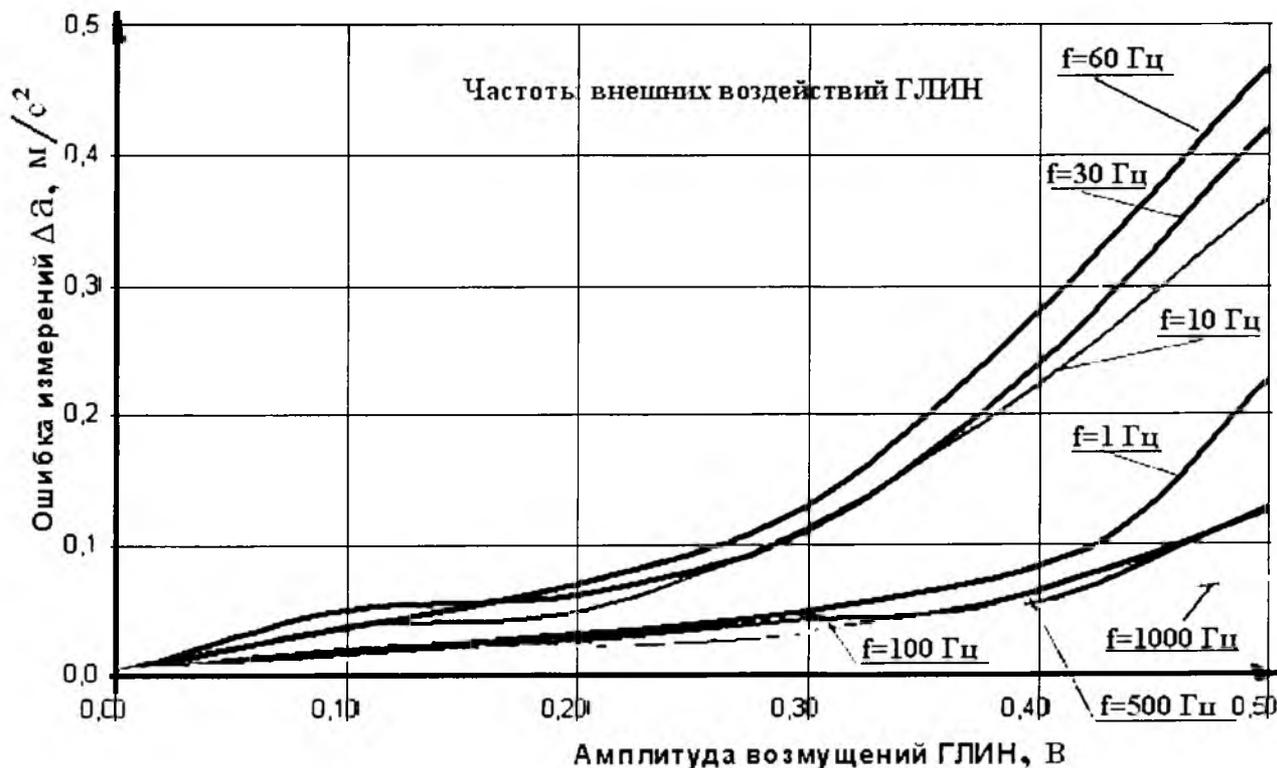


Рис. 6. Зависимость ошибки акселерометра от возмущений ГЛИН

Характер зависимости ошибки акселерометра ЦЕ-199 от возмущений ГЛИН показывает, что ошибка измерений растет с увеличением амплитуды возмущения. Наибольшее влияние на погрешность измерений оказывают возмущения с частотами колебаний в диапазоне от 1 до 90 Гц. Этот диапазон характеризуется низкими и средними частотами. Собственная частота колебаний ЧЭ акселерометра ЦЕ-199 равна 58 Гц. Наименьшее влияние оказывают возмущения со сверхнизкими и высокими частотами от 100 Гц.

Для исключения влияния возмущений ГЛИН на ошибки измерений необходимо повышать требования к элементной базе ГЛИН. Поэтому реализация ГЛИН должна осуществляться с помощью прецизионных элементов. Дополнительно рекомендуется включить в состав ГЛИН фильтр средних частот, для того чтобы минимизировать помехи в работе ГЛИН на частотах 10 – 90 Гц.

Список используемых источников

1. *Бесекерский В.А., Попов Е.П.* Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 2003. – Т.1. – 990 с.
2. Влияние внешних возмущений на погрешность инерциальных датчиков / С.Ю. Балугев, С.В. Лучко, М.А. Ватутин, И.С. Гурьев // Известия вузов. Приборостроение. – 2013. – № 1. – С. 32 – 38.
3. *Кетков Ю., Кетков А.* MATLAB 7. Программирование, численные методы. – СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 737 с.
4. *Лучко С.В.* Расчет дискретных систем автоматического управления с широтно-импульсной модуляцией. – МО СССР, 1984. – 112 с.
5. Периодические режимы в системах автоматического управления с широтно-импульсной модуляцией второго рода / С.Ю. Балугев, С.В. Лучко, М.А. Ватутин, В.А. Рогачев // Известия вузов. Приборостроение. – 2008. – №12. – С. 27 – 35.

Е.В. Басотин,
кандидат технических наук;
А.М. Дзитоев

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ КРИОСТАТИРОВАНИЯ ЭКРАНОВ КРИОГЕННО-ВАКУУМНОГО СТЕНДА

Рассмотрены основные проблемные вопросы начального этапа проектирования наземного стационарного криогенно-вакуумного стенда для испытания оптико-электронных приборов. Изложены рекомендации по выбору требуемого температурного уровня криостатирования, типа криоагента и материала элементов системы криостатирования.

Ключевые слова: испытание оптико-электронных приборов, криогенно-вакуумный стенд, тепловой режим, охлаждение, система криостатирования.

При разработке криогенно-вакуумных стендов (КВС) для испытаний оптико-электронных приборов (ОЭП) в условиях окружающего космического пространства используются экраны для имитации условий окружения холодного космоса, охлаждаемые до криогенных температур.

Для обеспечения минимальных энергозатрат и расхода криоагента необходимо уже на начальном этапе проектирования определить параметры проточной системы криостатирования (СК) с учетом обоснованного выбора типа криоагента и требований к температурному уровню, а также степени изотермичности криогенных экранов.

Тепловая мощность P , отдаваемая излучением от теплого внешнего корпуса (в общем случае испытуемого объекта (ИО), а в рассматриваемом случае – ОЭП) к экрану КВС, определяется из соотношения

$$P = \varphi \varepsilon S \sigma T_s^4 f_T, \quad (1)$$

где φ – коэффициент облученности экрана КВС испытуемым объектом;

ε – приведенная степень черноты системы ИО – экран;

S – площадь излучающей поверхности ИО, м^2 ;

σ – постоянная Стефана–Больцмана, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$;

T_s – среднеповерхностная температура излучающей на экран части поверхности ИО, К;

f_T – функция влияния температуры экрана T_e на величину отдаваемого поверхностью ИО теплового потока P , Вт.

Функция влияния температуры определяется по формуле

$$f_T = 1 - N^4, \text{ где } N = \frac{T_e}{T_s}. \quad (2)$$

Полноценная имитация условий окружения холодного космического пространства обеспечивается при такой среднеповерхностной температуре экрана T_e , при которой функция f_T отличается от единицы на пренебрежимо малую величину. Такое условие обеспечивает поддержание отдаваемого теплового потока на уровне, соответствующем реальным условиям без возникновения погрешностей.

Для оценки достаточного температурного уровня экранов можно использовать данные рис.1, на котором представлена зависимость f_T от N . Как видно из рисунка, отклонение величины отдаваемого теплового потока от реализуемой в натуральных условиях не превышает 1,5 % при $N \leq 0,33$. Следовательно, при $T_s = 300 \text{ К}$ достаточным температурным уровнем криогенного экрана можно считать $T_e = 100 \text{ К}$. Такой температурный уровень может быть обеспечен при использовании паров целого ряда криоагентов.

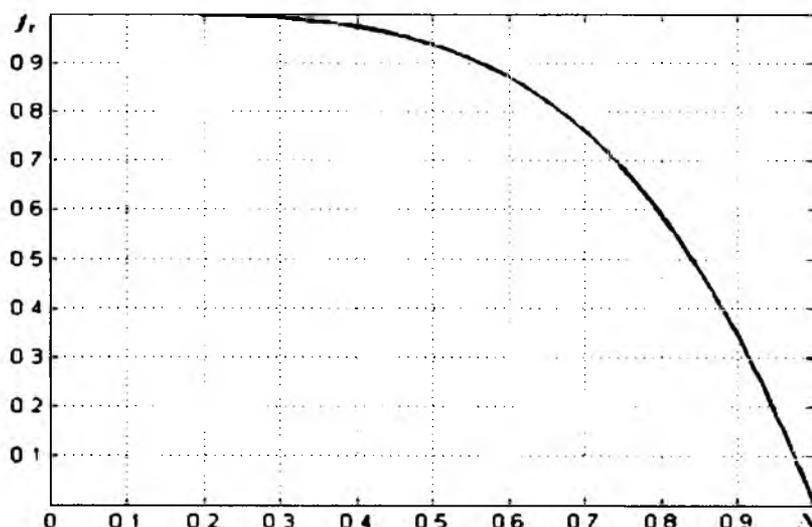


Рис. 1. Зависимость функции влияния температуры экрана T_e на величину отдаваемого поверхностью испытываемого объекта теплового потока P от отношения температур экрана и объекта N

Однако выбор типа криоагента должен быть обоснован путем сопоставления эффективности каждого из них. В табл. 1 приведены показатели и параметры типовых криоагентов по данным работ [1, 2, 4], пары которых принципиально способны обеспечить заданный уровень криостатирования экранов.

Показатель распространенности молекул данных газов в атмосфере определяет стоимость криоагента. Уровень температур испарения при нормальном давлении в совокупности с удельной теплоемкостью указывает на достижимый запас энтальпии паров, определяющий эффективность использования данного типа криоагента. Скрытая теплота парообразования позволяет оценить необходимые затраты мощности для ожижения хладагента в холодильной машине при замкнутом цикле.

Помимо показателей эффективности применения при выборе предпочтительного типа криоагента следует обратить внимание и на их эксплуатационные свойства.

Таблица 1

Основные показатели и параметры криоагентов

Криоагент	Содержание паров в воздухе (объемная доля), %	Температура кипения, К	Скрытая теплота парообразования, кДж/кг	Удельная теплоемкость газовой фазы, кДж/кг К	Максимальная температура инверсии, К
Гелий	$5,24 \cdot 10^{-4}$	4,2	21	5,2	45
Неон	$18 \cdot 10^{-4}$	27	86	1,04	250
Водород	$0,5 \cdot 10^{-4}$	20,4	447	14,9	205
Фтор	–	85	175	0,82	–
Аргон	0,93	87	163	0,52	794
Кислород	20,95	90	213	0,92	939
Азот	78,09	77	199	1,05	621



Некоторые из криоагентов, представленных в табл. 1, по данным работ [1–3] имеют существенные эксплуатационные недостатки.

Фтор – наиболее химически активный элемент, вступает в реакцию почти со всеми неорганическими веществами. При контакте с углеводородами происходит самовоспламенение с большой теплотой реакции (иногда достаточной для возгорания металлического контейнера). Чрезвычайно токсичен, максимальная допустимая доза $\sim 1\% \cdot \text{ч}$.

Водород – в смеси с кислородом или воздухом легко воспламеняется. Водородно-воздушная смесь взрывоопасна в неограниченном объеме при концентрациях от 18 до 59 % водорода по объему. При контакте с большинством конструкционных материалов вызывает их охрупчивание, что приводит к значительному ухудшению механических свойств.

Кислород – химически активный элемент, образует взрывоопасные смеси при контакте с углеводородами. В смеси с азотом не токсичен лишь в узком диапазоне концентрации от 18 до 23 %.

Указанные недостатки значительно ограничивают возможность широкого применения фтора, кислорода и водорода в качестве криоагентов.

Аргон – третий по объемному содержанию компонент атмосферного воздуха, инертный и нетоксичный. При этом по своим основным теплофизическим свойствам он не превосходит более дешевый в получении азот.

Неон, наряду с кислородом, азотом, аргоном, является продуктом разделения воздуха. Неон инертен, нетоксичен. Однако содержание его в атмосфере весьма мало, что существенно осложняет и повышает стоимость его получения. Вместе с тем по своим основным теплофизическим свойствам он существенно уступает гелию.

По совокупности параметров, приведенных в табл. 1, следует признать наиболее предпочтительными в качестве криоагентов для криостатирования экрана пары гелия и азота. Эти два криоагента способны обеспечить требуемую температуру $T_e = 100 \text{ К}$, при этом являются инертными и нетоксичными элементами.

Гелий, как криоагент с минимальной температурой кипения, позволяет обеспечить максимальный температурный напор, однако является дорогим и редким элементом.

Азот является самым дешевым криоагентом, но имеет относительно высокую температуру кипения. Температурный напор от точки кипения T_k составляет $T_e - T_k = 23 \text{ К}$, что может потребовать достаточно большого массового расхода его паров.

Оценить величину массового расхода криоагента M , необходимого для криостатирования экранов КВС, представленного на рис. 2, можно с помощью следующего соотношения:

$$M = \frac{P_x}{cE(T_e - T_0)}, \quad (3)$$

где P_x – мощность холодопроизводительности системы криостатирования, Вт;

c – удельная теплоемкость хладагента, Дж/кг К;

T_e – температура экрана, К;

T_0 – температура криоагента на входе в теплообменник, К;

E – коэффициент, учитывающий возможную недорекуперацию [5].

Значение коэффициента, учитывающего возможную недорекуперацию, можно определить следующим образом:

$$E = 1 - \exp(-\varphi_\Sigma), \quad (4)$$

где φ_Σ – безразмерный параметр, определяющий эффективность охлаждения [5].

Значение параметра, определяющего эффективность охлаждения, находим из выражения

$$\varphi_\Sigma = \frac{\alpha S_f}{cM}. \quad (5)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²К;

S_i – площадь внутренней поверхности трубопровода теплообменника, размещенного на экранах КВС, м^2 .

Холодопроизводительность системы криостатирования, необходимая для компенсации всех тепловых потоков, определяется из соотношения

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P, \quad (6)$$

где P_1 – мощность, передаваемая от теплого корпуса КВС к экранам, Вт;

P_2 – мощность, излучаемая имитатором цели, Вт.

Величина мощности, передаваемой от теплого корпуса КВС к экранам, определяется из следующего выражения:

$$P_1 = \varphi_1 \varepsilon_1 S_1 \sigma (T_1^4 - T_c^4), \quad (7)$$

где φ_1 – коэффициент облученности экрана теплым корпусом КВС;

ε_1 – приведенная степень черноты системы теплый корпус КВС – экран;

S_1 – площадь внутренней поверхности теплого корпуса КВС, м^2 ;

T_1 – температура теплого корпуса КВС, К.

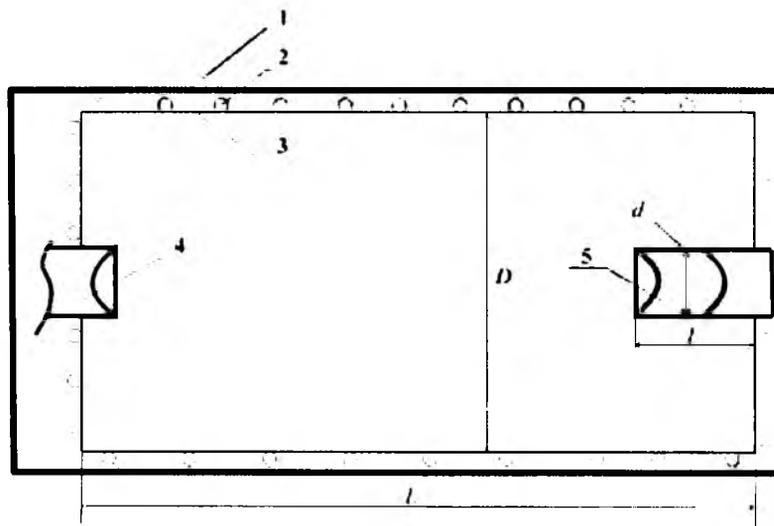


Рис. 2. Схема КВС:

1 – теплый корпус; 2 – трубопровод проточного теплообменника;
3 – криостатируемый экран; 4 – имитатор цели; 5 – ОЭП

Величина тепловой мощности P_2 , излучаемой имитатором цели, находится в диапазоне значений 10^{-13} – 10^{-15} Вт и не оказывает существенного влияния на тепловой режим экранов. Значение мощности P , отдаваемой излучением от теплого внешнего корпуса ОЭП к экрану КВС, определяется из соотношения (1).

Соотношение (3) справедливо для случая полной рекуперации тепла [5], при этом должно выполняться неравенство

$$\varphi_{\Sigma} = \frac{\alpha S_i}{cM} \geq 4 \rightarrow E \approx 1. \quad (8)$$

Для определения значения коэффициента теплоотдачи необходимо применить известные из теории подобия эмпирические зависимости. Число Рейнольдса для случая вынужденного течения жидкости в трубопроводе круглого поперечного сечения определим из выражения

$$\text{Re} = \frac{4M}{\pi d_{\text{вн}} \rho v_k}, \quad (9)$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубопровода, м;

ρ – плотность хладагента, $\text{кг}/\text{м}^3$;

η – коэффициент динамической вязкости хладагента, при этом $\eta = \rho \nu_k$, Н с/м²;

ν_k – коэффициент кинематической вязкости хладагента, м²/с.

Выражения для определения числа Нуссельта при различных режимах течения хладагента имеют вид [5]:

– для ламинарного режима –

$$\text{Re} \leq 2300 \rightarrow \text{Nu} = 0,15 \sqrt{\text{Re}} \text{Pr}^{0,4} \text{Gr}^{0,3} \left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right)^{0,25} \approx 1; \quad (10)$$

– для переходного режима –

$$\text{Re} = 2300 \div 10^4 \rightarrow \text{Nu} = k \text{Pr}^{0,43}; \quad (11)$$

– для турбулентного режима –

$$\text{Re} \geq 10^4 \rightarrow \text{Nu} = 0,023 \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,43}, \quad \text{Pr} = \frac{\nu_k}{a}, \quad (12)$$

где a – коэффициент температуропроводности, м²/с.

Запишем общее выражение для определения числа Нуссельта:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha d_{\text{вн}}}{\lambda_f}, \quad (13)$$

где λ_f – теплопроводность хладагента, Вт/м К.

Значение коэффициента теплоотдачи может быть определено следующим образом:

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \lambda_f}{d_{\text{вн}}}. \quad (14)$$

Перепишем выражение (6) в виде

$$S_f \geq \frac{4cM}{\alpha}. \quad (15)$$

В то же время площадь поверхности теплообменника

$$S_f = \pi d_{\text{вн}} L, \quad (16)$$

где L – длина трубопровода теплообменника, м.

Подставив выражение (16) в (15), получим требуемую минимальную длину трубопровода теплообменника, при которой выполняется условие полной рекуперации:

$$L_{\text{мин}} \geq \frac{4cM}{\alpha \pi d_{\text{вн}}}. \quad (17)$$

Наряду с определением требуемого уровня криостатирования экранов и типа криоагента необходимо выбрать материал, из которого должны быть выполнены элементы СК. При этом следует учитывать зависимость механических свойств материалов от температуры. Эта зависимость проявляется в виде значительных изменений прочностных характеристик. Так, при снижении температуры сопротивление пластической деформации возрастает. Для некоторых материалов значения предела текучести и временного сопротивления разрыву увеличиваются примерно в 1,5–2 раза при снижении температуры в интервале 300–80 К [1, 4]. Снижение температуры особенно сильно влияет на пластические свойства – ударную вязкость, относительное удлинение и сужение. Для многих материалов снижение температуры приводит к уменьшению пластичности, возникает тенденция к хрупкому разрушению. Отмеченные особенности изменения механических свойств под воздействием низких температур предопределили возможность использования в криогенной технике весьма ограниченного перечня материалов, среди них: медь, алюминий и их сплавы, легированные стали [1,2,4].

В криогенной технике применяются медь (МЗ) и ее сплавы – латуни различного состава. Ударная вязкость этих материалов даже растет с понижением температуры, однако прочность их невелика. В то же время все более широко применяют в криогенных системах алюминий и его сплавы, что обусловлено их хорошими пластическими свойствами и доступностью. Алюминиевые сплавы используют главным образом для изготовления теплообменной аппаратуры колонн, сосудов и емкостей для сжиженных криоагентов. Необходимо отметить, что для криогенных систем также пригодны высоколегированные стали аустенитного класса со значительным содержанием никеля (до 9–10 %). Примером такой стали служит сталь марки 12Х18Н10Т. Эта сталь имеет высокие пластичность и коррозионную стойкость, ее можно применять вплоть до гелиевых температур. Сталь отличается высоким пределом выносливости, эффективна при циклическом нагружении. Таким образом, можно сделать промежуточный вывод о том, что все три типа материалов, указанных выше, по своим механическим свойствам вполне применимы в качестве материала для изготовления элементов СК КВС. Однако, помимо механических свойств материала, при проектировании СК КВС необходимо учитывать и его теплофизические свойства.

Для количественной оценки различий в теплофизических свойствах материалов можно использовать критерий Био, который является мерой сравнения «внутреннего» и «внешнего» тепловых сопротивлений материалов. Критерий Био (Bi) определяется из следующего соотношения:

$$Bi = \frac{\alpha \Delta}{\lambda}, \quad (18)$$

где Δ – толщина экрана КВС, м.

Критерий Био объединяет в себе один параметр, характеризующих геометрические свойства экрана, и два теплофизических параметра, характеризующие интенсивность переноса тепла: один (α) – от криоагента к экрану и другой (λ) – внутри экрана. Эти параметры существенным образом влияют на изотермичность экрана КВС.

Значения определяющих параметров для двух криоагентов, необходимых для поддержания температур экранов КВС на уровне $T_e = 100$ К при $P_x = 430$ Вт, $L = 2$ м, $l = 1$ м, $d = 0,5$ м, $D = 2$ м (см. рис. 2), приведены в табл. 2, в которой указаны необходимые массовые расходы M , соответствующие им числа Нуссельта (Nu), а также значения критериев Био (Bi) для разных материалов стенки экрана.

Значения определяющих параметров для двух типов криоагентов, обеспечивающих температуру экрана 100 К при тепловыделениях 430 Вт, массовых расходов криоагентов M , соответствующих им чисел Нуссельта (Nu), а также значений критериев Био (Bi) для разных материалов стенки экрана, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения параметров для двух типов криоагентов

Криоагент	Массовый расход криоагента M , г/с	Число Нуссельта	Значения критерия Био, 10^{-3}		
			Медь М-3 отожженная	Алюминиево-магниевый сплав АМг6 отожженный	Сталь 12Х18Н10Т закаленная
Пары азота	21	679	7,53	71	390
Пары гелия	1	43	3,58	34	184

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- для имитации окружения холодного космического пространства достаточно обеспечить температуру экранов на уровне 100 К (см. рис. 1), что может быть достигнуто применением азота, пары которого могут эффективно использоваться ввиду большой его удельной теплоемкости, при этом данный криоагент широко распространен и обладает минимальной стоимостью как наиболее распространенный в атмосфере элемент (см. табл. 1);
- требуемый массовый расход паров азота, как это видно из табл. 2, примерно в 20 раз превышает требуемый расход паров гелия, тем не менее пары азота являются наиболее удобным в практическом применении криоагентом;
- при использовании в качестве криоагента паров азота минимальная длина трубопровода теплообменника, необходимая для полной рекуперации тепла, составит 4,3 м;
- наибольшие теплопритоки к холодному экрану обусловлены воздействием внешнего теплого корпуса КВС, поэтому необходимая мощность холодопроизводительности СК определяется главным образом этим фактором, для минимизации расхода криоагента необходимо обращенную к теплому корпусу КВС поверхность экрана полировать до обеспечения ее степени черноты, примерно равную 0,05;
- для выбранной схемы КВС (см. рис. 2), при использовании в качестве материала для криостатируемого экрана меди, масса элементов СК (криостатируемого экрана и трубопровода теплообменника) составит 850 кг;
- при выборе материала криогенного экрана следует учитывать необходимость обеспечения его равномерного охлаждения, с этой точки зрения наиболее подходящим материалом экрана является отожженная медь, обеспечивающая минимальные значения критерия Био на поверхности экрана. Важно отметить, что для поперечного направления (между витками трубопровода на экране) значения критерия Био будут еще больше с сохранением пропорции между значениями, приведенными в табл. 2. В результате при использовании медного экрана можно применять навивку трубопровода с наибольшим шагом, что способствует уменьшению массы экрана.

Список используемых источников

1. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы: Основы теории и расчета: учебник для студентов вузов по специальности «Криогенная техника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
2. Баррон Р.Ф. Криогенные системы: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 408 с.
3. Пономаренко В.К. Ракетные топлива. – СПб.: ВИККА имени А.Ф. Можайского, 1995. – 619 с.
4. Справочник по физико-техническим основам криогеники / М.П. Малков, И.Б. Данилов, А.Г. Зедьдович, А.Б. Фрадков; под ред. М.П. Малкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
5. Ханков С.И. Теоретические основы теплового проектирования теплонагруженных узлов оптико-электронных систем. – СПб.: НТЦ имени Л.Т. Тучкова, 2002. – 182 с.

П.Р. Гильванов,
кандидат технических наук, доцент;
А.И. Лоскот

МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ АППАРАТУРЫ «ПРИЗМА»

Разработана программа расчета поглощенных доз заряженных частиц космического пространства. Результаты расчетов использовались для прогнозирования поглощенных доз в системе радиационного контроля аппаратуры комплекса «Призма», установленной на космическом аппарате «Можаяец». Показания датчиков радиационного контроля и расчеты поглощенных доз в местах расположения датчиков, проведенные в программе, показали удовлетворительную сходимость результатов, погрешность составила не более 30 %.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, заряженные частицы, метод Монте-Карло, поглощенная доза, система автоматизированного проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе выполнения целевых задач бортовая аппаратура и космический аппарат (КА) в целом подвергаются воздействию ряда факторов: светового, ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, магнитосферной плазмы, магнитного поля, космического мусора, ионизирующих излучений естественных радиационных поясов Земли, солнечных и галактических космических лучей, вакуума, собственной внешней атмосферы КА. Однако к наибольшему числу отказов приводит воздействие ионизирующих излучений космического пространства (ИИ КП). Это подтверждается статистикой отказов КА многих стран.

Реальная радиационная обстановка внутри КА определяется не только характеристиками воздействующих ИИ КП, но и особенностями конструкции КА (толщиной корпуса, взаимным экранированием и т.д.).

Для расчета энергетических спектров и поглощенных доз ионизирующего излучения за защитными оболочками КА используются различные численные и аналитические методы и их разновидности.

С помощью численных методов уравнение переноса излучений решается с приемлемой точностью лишь для защиты довольно простой формы. Некоторые из них имеют ограниченную область применения [2], поскольку могут быть пригодны только для бесконечных и полубесконечных однородных сред. Разновидностью численных методов расчета полей является метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Он позволяет проводить расчеты распределения дозовых полей для любой заданной конструкции КА с наилучшей точностью. Однако вследствие присущих этому методу больших затрат машинного времени его применение ограничивается лишь анализом отдельных узлов конструкций КА.

Аналитические методы получили наибольшее применение на практике, особенно при текущем проектировании (в том числе на ранних этапах), так как позволяют произвести расчет для любой заданной конструкции КА. Однако детальный учет реальной конструкции КА при проведении расчетов практически невыполним. В связи с этим все применяемые на практике методы являются приближенными и отличаются между собой только принятыми упрощениями.

В настоящее время наиболее перспективным, исходя из потребностей практики, являются реализация метода Монте-Карло для расчета характеристик полей с целью защиты простой формы, а затем использование полученных данных в аналогичных расчетах для любой заданной геометрии объекта с применением лучевого метода. Это позволит воспользоваться преимуществами и численных, и аналитических методов.

Учитывая предложенный подход, разработана программа расчета поглощенных доз электронов естественного радиационного пояса Земли (ЕРПЗ), протонов ЕРПЗ и протонов солнечных космических лучей (СКЛ). В ней применяется лучевой метод расчета поглощенной дозы в произвольно взятой точке внутри или снаружи объекта. Результаты расчетов использовались для методического сопровождения системы радиационного контроля аппаратуры «Призма», установленной на КА «Можаец».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ «ДОЗА» ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ В АППАРАТУРЕ КОМПЛЕКСА «ПРИЗМА»

Программа «Доза» является приложением системы автоматизированного проектирования (САПР) Solid Works. Solid Works - это современная система твердотельного параметрического моделирования. Она имеет лучшие, по сравнению с аналогами, возможности моделирования деталей и сборок и является полноценным Windows-приложением, разработанным специально для использования на персональном компьютере. В соответствии с этим в Solid Works используется общеизвестный и очень удобный многооконный режим работы, а также используется OLE 2.0, позволяющий связывать объекты Solid Works и внедрять их в другие Windows-приложения и наоборот. Возможны импорт и экспорт файлов во всех стандартных форматах передачи данных (геометрии изделий), таких, как IGES, DFX, DWG, SAT, STL (ASCII или бинарный формат), VRML, STEP, X_T, VDA. Это позволяет свободно работать с геометрией изделий, ранее созданных в других программах, а также успешно внедрять геометрию и чертежи Solid Works в другие системы геометрического моделирования.

Структурная схема работы программы «Доза» представлена на рис. 1.

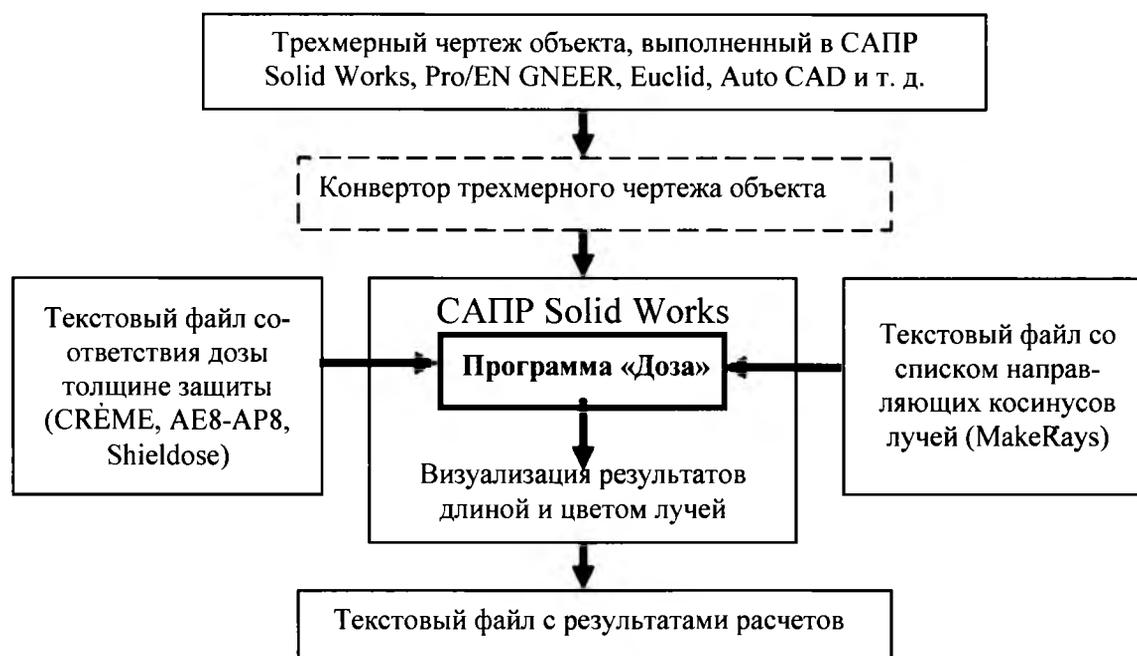


Рис. 1. Структурная схема работы программы «Доза»

Входными данными для работы программы являются:

- трехмерный чертеж объекта, выполненный в системе Solid Works и содержащий данные о массе и (или) плотности входящих в него компонентов;

- текстовый файл соответствия поглощенной дозы массовой толщине защиты для трех видов излучений: электронов ЕРПЗ, протонов ЕРПЗ и протонов СКЛ;
- текстовый файл со списком лучей для расчета дозы по 4π пространству.

Поглощенная доза рассчитывается в произвольно выбранной точке на трехмерном чертеже объекта, выполненном в системе автоматизированного проектирования Solid Works. Расчет производится на основе вычисления массовой толщины защиты (г/см^2) по выбранному направлению или средней массовой толщины защиты для 4π направлений и сопоставления массовой толщины защиты соответствующей дозе (рад), полученной заранее для определенной орбиты и срока активного существования объекта на орбите.

Массовая толщина защиты X в выбранной точке и по выбранному направлению определяется по формуле

$$X = \sum_{i=1}^n d_i \rho_i \text{ [г/см}^2\text{]}, \quad (1)$$

где d_i – толщина i -го слоя защиты, см;

ρ_i – плотность материала i -го слоя защиты, г/см^3 ;

n – количество слоев защиты.

Затем по массовой толщине защиты из файла исходных данных, подготовленного заранее, выбирается соответствующая этой толщине поглощенная доза D (рад). Зависимость величины поглощенной дозы от толщины защиты рассчитывается для алюминия методом Монте-Карло.

Для определения массовой толщины защиты по 4π пространству используется трехмерный объект, представляющий собой равномерно распределенные лучи по 4π пространству (рис.2), выходящие из выбранной точки. Трехмерная модель КА «Можжец» содержит 26 основных деталей, существенно влияющих на расчет поглощенной дозы.

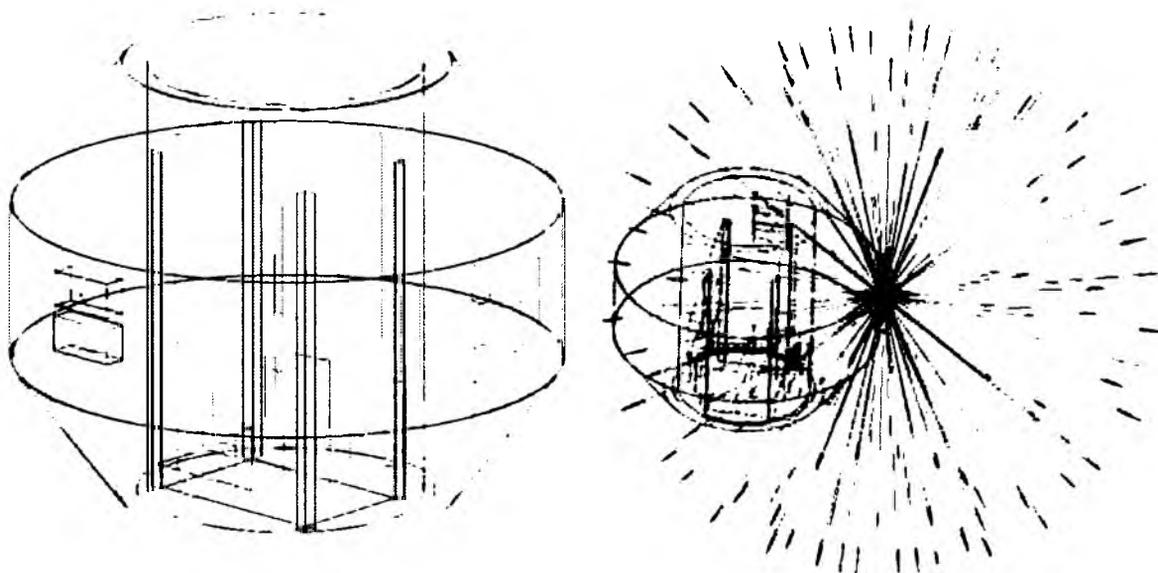


Рис. 2. Трехмерная модель КА «Можжец» и равномерно распределенные лучи, указывающие направления, в которых производится расчет

На пути каждого луча рассчитывается поглощенная доза D_i , а затем вычисляется поглощенная доза в выбранной точке по формуле

$$D = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_i \text{ [рад]}, \quad (2)$$

где D_j – поглощенная доза в выбранной точке для j -го вида излучения;
 m – количество лучей.

Суммарная доза D_{Σ} равна сумме доз всех видов излучений: $D_{\Sigma} = D_{ePP3} + D_{pPP3} + D_{pCKL}$.

Время расчета поглощенной дозы в анализируемой точке зависит от количества лучей, выходящих из анализируемой точки, и количества объектов в геометрической модели КА. Количество лучей определяется необходимой устойчивостью результата и, как показала практика, достигается при использовании ~ 17 тысяч лучей. Это позволяет на этапе проектирования производить варианты расчеты за относительно малое время.

Распределение доз по направлениям может быть показано с помощью длины лучей (рис. 3.) и (или) различного цвета лучей.

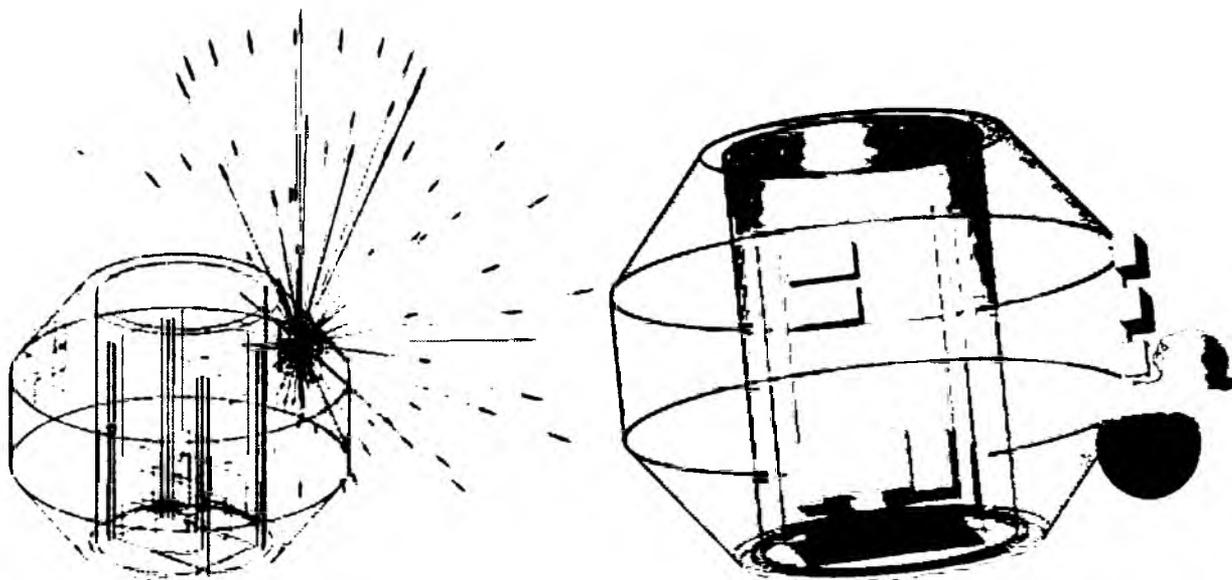


Рис. 3. Распределение поглощенных доз по направлениям с помощью различной длины и цвета лучей

Все блоки, кроме анализируемого, представляются в виде объема со средней плотностью, равной отношению массы к объему. Расчеты показали, что это вполне допустимо. В этом случае доза внутри анализируемого блока в основном определяется телесными углами, не содержащими окружающие (усредненные) блоки, а определяется толщиной оболочки КА и стенкой анализируемого блока. Представление анализируемого блока в виде объема со средней плотностью ведет к значительному занижению значений доз (в 5 раз). Поэтому для точного расчета доз необходимо создавать геометрическую модель внутренней компоновки анализируемого блока с указанием трехмерных координат чувствительного элемента.

Разработанное программное обеспечение позволяет провести оценку радиационной обстановки в КА, рассчитать дозы в местах расположения чувствительных элементов и параметры локальной защиты, дать рекомендации по рациональной компоновке бортовой аппаратуры с учетом взаимного экранирования.

Программа «Доза» использовалась для прогнозирования поглощенных доз в аппаратуре комплекса «Призма». Два датчика радиационного контроля были установлены в блоках аппаратуры «Призма», располагающихся на внешней поверхности КА «Можжец». Показания датчиков радиационного контроля и расчеты поглощенных доз в местах расположения датчиков, проведенные в программе «Доза», показали удовлетворительную сходимость результатов, погрешность составила не более 30 %.

Список используемых источников

1. ГОСТ В 25645.310-86. Общие положения. – М.: Госкомитет по стандартам, 1986. – 37 с.
2. Гусев Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений: учебник для вузов: в 2 т. / под общ. ред. Н.Г. Гусева. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – Т. 1: Физические основы защиты от излучений. – 512 с.
3. Гецелев И.В., Зубарев А.И., Пудовкин О.Л. Радиационная обстановка на борту космических аппаратов. – М.: ЦИПК, 2001. – 312 с.
4. Новиков Л.С., Панасюк М.И. Новые наукоемкие технологии: энциклопедия. / под ред. К.С. Касаева. – М.: НИИЯФ МГУ, 2000. – Т. 16: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. – 276 с.
5. Seltzer S.M. Conversion of Depth-Dose Distributions from Slab to Spherical Geometries for Space-Shielding Applications // IEEE Trans. Nucl. Sci. – 1986. – Vol. 33, №6. – P. 1292–1297.

А.Н. Дьяков;
А.В. Черезов

АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Изложены современные проблемы создания новых образцов вооружения. Обозначена проблема снижения стоимости жизненного цикла образцов вооружения, рассмотрены возможные пути решения проблемы.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла, эксплуатационные затраты, стадии жизненного цикла.

В последние десятилетия произошли существенные изменения в составе вооружения Войск воздушно-космической обороны, изменился характер эксплуатации вооружения. Эти изменения обусловлены значительным увеличением номенклатуры и усложнением вновь создаваемых образцов вооружения.

Появление современных технологий создания сложных систем, а также методов и средств контроля технического состояния заставляет по-новому взглянуть на возможности достижения высокого уровня эффективности эксплуатации путем увеличения ресурса создаваемого вооружения и снижения эксплуатационных затрат.

Любая сложная техническая система, а тем более современный образец вооружения, требует значительных сроков своего создания и финансовых затрат, однако и после создания и ввода в эксплуатацию, в так называемый «постпроизводственный» период, требуются определенные затраты на поддержание изделия в установленной степени готовности. Как правило, чем длиннее жизненный цикл нового изделия и чем выше уровень сложности создаваемой системы, тем выше будет стоимость эксплуатационных затрат в течение жизненного цикла. Для отдельных категорий систем и изделий стоимость эксплуатации значительно превосходит стоимость создания. К данной категории относится и большая часть образцов вооружения Войск воздушно-космической обороны, разнообразных по составу и назначению, но одновременно похожих с точки зрения предъявляемых к ним при создании требований по уровню сложности и длительности эксплуатации.

Полная стоимость жизненного цикла включает в себя стоимость исследования и обоснования разработки, стоимость непосредственно разработки и производства изделия военной техники, а также стоимость эксплуатации, которая, в свою очередь, состоит из затрат на обеспечение эксплуатации, техническое обслуживание и текущий либо средний ремонт, стоимость утилизации изделия [1, 3].

Распределение финансовых затрат на стадиях жизненного цикла изделий, а также влияние решений, применяемых на стадиях жизненного цикла образца вооружения, на стоимость жизненного цикла и суммарный объем средств, использованных после завершения каждой стадии, показаны на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что более 50 % расходов, имеющих место в процессе жизненного цикла образца вооружения, связаны с его последней стадией – стадией эксплуатации. В то же время на стадии эксплуатации уже невозможно существенно снизить эксплуатационные расходы, так как уже создана концепция создаваемого изделия военной техники, определены структура, функции и система эксплуатации [3].

Основные конструктивные и организационные решения, определяющие полную стоимость жизненного цикла, приняты на стадии исследования и на стадии проектирования и разработки, а выполнение двух последующих стадий завершает формирование полной стоимости жизненного цикла образца вооружения (95%).

Таким образом, для эффективного управления стоимостью жизненного цикла изделия военной техники при его создании одной из важнейших задач становится определение (прогнозирование) стоимости эксплуатации изделия.

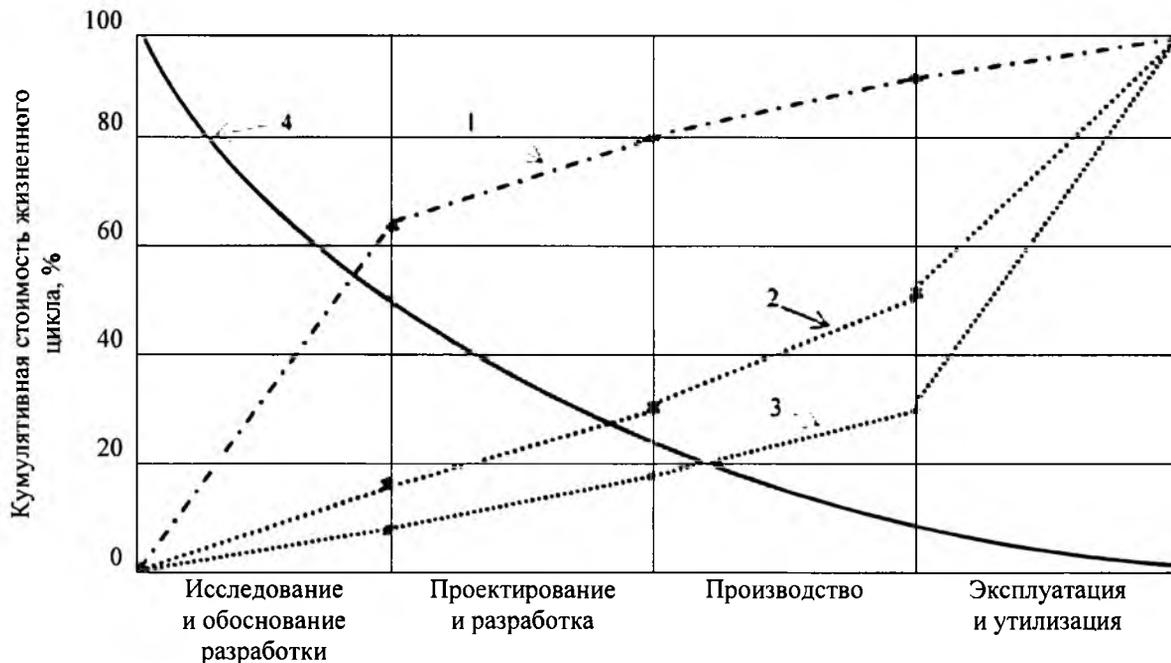


Рис. 1. Влияние решений, принимаемых на различных стадиях жизненного цикла образца вооружения, на стоимость его жизненного цикла:

- 1 – вклад стадий жизненного цикла в формирование стоимости жизненного цикла;
 2 – кумулятивный объем средств, использованных к моментам завершения стадий жизненного цикла;
 3 – кумулятивный объем средств, использованных к моментам завершения стадий жизненного цикла производства военного назначения длительного функционирования;
 4 – качественная зависимость возможностей уменьшения стоимости жизненного цикла в процессе реализации его стадий

Определение суммарной стоимости жизненного цикла создаваемого изделия военной техники на возможно ранней стадии позволяет:

- наиболее точно сформулировать тактико-технические требования, предъявляемые к создаваемому объекту эксплуатации;
- создать благоприятные возможности для обеспечения сбалансированности эксплуатационных характеристик образца вооружения;
- оценить наиболее затратные этапы и процессы, своевременно внести корректировки с целью оптимизации изделия;
- наиболее эффективно провести сравнение предлагаемых альтернативных проектов;
- провести прогнозную оценку эффективности создаваемого изделия военной техники, принять решение о целесообразности проведения работ по созданию изделия военной техники [4].

Стоимость жизненного цикла, несомненно, является одной из основных характеристик создаваемого изделия или системы, но первоначальные требования к создаваемому образцу вооружения формируются исходя из необходимости обеспечения требуемого уровня ряда важнейших свойств, к которым относятся:

- готовность к применению – свойство, характеризующее работоспособность изделия в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается;
- надежность – свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования;
- безопасность изделия – свойство изделия в процессе функционирования или использования по назначению не причинять вреда и не создавать угрозу эксплуатирующему персоналу, не наносить ущерб самому объекту, сопрягаемым системам и окружающей среде [2, 5].

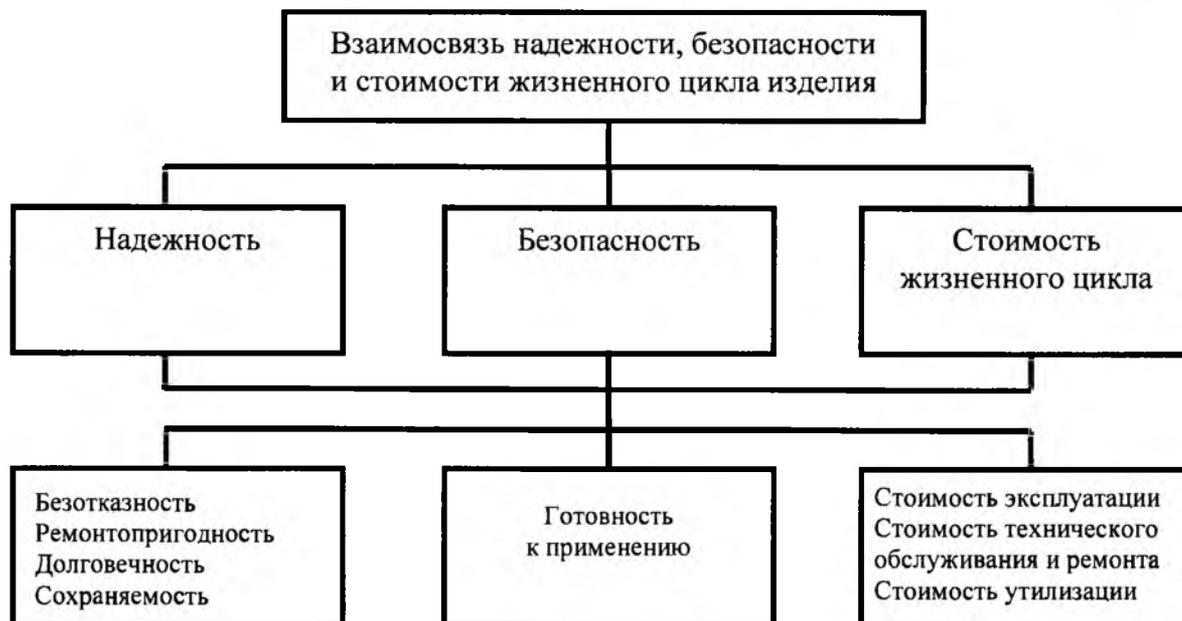


Рис. 2. Взаимосвязь надежности, безопасности и стоимости жизненного цикла изделия военной техники

Взаимосвязь вышеуказанных свойств показана на рис. 2.

С целью снижения стоимости жизненного цикла вновь создаваемых образцов военной техники необходимо использовать управление стоимостью эксплуатации путем применения различных вариантов стратегий технического обслуживания и ремонта, а также выбора стратегии материально-технического обеспечения эксплуатации, поддерживая заданный уровень показателей надежности и безопасности изделия.

Таким образом, проведенный анализ показал, что эксплуатационные затраты оказывают существенное влияние на стоимость жизненного цикла изделия в целом. В то же время высокие требования, предъявляемые к показателям надежности и безопасности создаваемых образцов вооружения Войск воздушно-космической обороны, определяют величину дальнейших эксплуатационных затрат и стоимость жизненного цикла изделия. Очевидно, что для снижения стоимости жизненного цикла вооружения требуются разработка и реализация научного подхода к рациональному управлению эксплуатационными затратами вооружения.

Список используемых источников

1. ГОСТ РВ 15.004-2004. Военная техника. Стадии жизненного цикла изделий и материалов. – М.: Госстандарт России, 2004. – 20 с.
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 1989. – 64 с.
3. Жизненный цикл и эксплуатационное качество космических средств: учебник / В.И. Звягин, Г.Д. Петров, А.И. Птушкин, Е.Н. Шаповалов. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2010. – Ч.1. – 294 с.
4. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте. – Редакция 1.1. – М.: Российские железные дороги, 2010. – 132 с.
5. Основы эксплуатации космических средств: учебник. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2000. – 499 с.

Д.С. Ершов
в/ч 40278, г. Самара;
С.В. Пузанков;
В.Н. Харин,
кандидат технических наук

МЕТОДИКА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Представлен вариант использования метода анализа иерархий в нечеткой постановке применительно к выбору наилучшего метрологического подразделения при сравнительном анализе деятельности однотипных подразделений, а также к оцениванию изменения качества функционирования метрологического подразделения при ретроспективном анализе его работы.

Ключевые слова: качество функционирования, метрологическое обеспечение, метрологическое подразделение, метод анализа иерархий, нечеткие оценки.

Метрологическое обеспечение Вооруженных сил Российской Федерации – это комплекс мероприятий по установлению и применению научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности, полноты, своевременности и оперативности измерений в войсках.

Основными задачами метрологического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации являются:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений в войсках;
- обеспечение качества метрологического обслуживания образцов вооружения и военной техники (ВВТ);
- формирование парка измерительной техники (ИТ), включая прогнозирование и программно-целевое планирование развития ИТ, установление тактико-технических требований к ней и методов испытаний ИТ, унификация ИТ и разработка разделов каталогов и ограничительных перечней средств измерений (СИ);
- обеспечение войск ИТ и нормативной документацией по метрологическому обеспечению;
- установление правил и организация эффективной и безопасной эксплуатации ИТ, создание обменных фондов и запасов СИ, своевременное восполнение их расходов и потерь;
- восстановление ИТ;
- метрологическая подготовка личного состава;
- организация и осуществление метрологического надзора в Вооруженных силах Российской Федерации.

Для решения указанных задач метрологического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации штатом большинства соединений и воинских частей предусмотрены метрологические подразделения (МП), деятельность которых способствует поддержанию максимальной эффективности боевого применения вооружения и военной техники, оперативное их восстановление и создание условий личному составу для выполнения боевых задач. В соответствии с этим актуальными являются задачи оценивания качества функционирования МП, определения направлений его повышения, выбора лучшего МП. Однако анализ данной задачи показывает, что ее решение связано с наличием большого числа неопределенностей, а также с необходимостью объединения разнородных величин для получения комплексной оценки качества функционирования МП.

При решении подобного рода задач хорошо зарекомендовал себя метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Томасом Саати [4]. Соответственно задачу относительной оценки качества функционирования МП и выбора наилучшего МП, при рассмотрении в терминах МАИ, можно представить в виде трех иерархических уровней (рис. 1). *Первый* (верхний) уровень иерархии соответствует цели поставленной задачи – относительной оценке качества функционирования МП и выбору лучшего метрологического подразделения, функционирующего с наилучшим качеством. На *втором* уровне рассматриваются критерии, с помощью которых осуществляется выбор. На *третьем* уровне (нижнем) – альтернативы, которые необходимо сравнить, чтобы осуществить выбор МП.

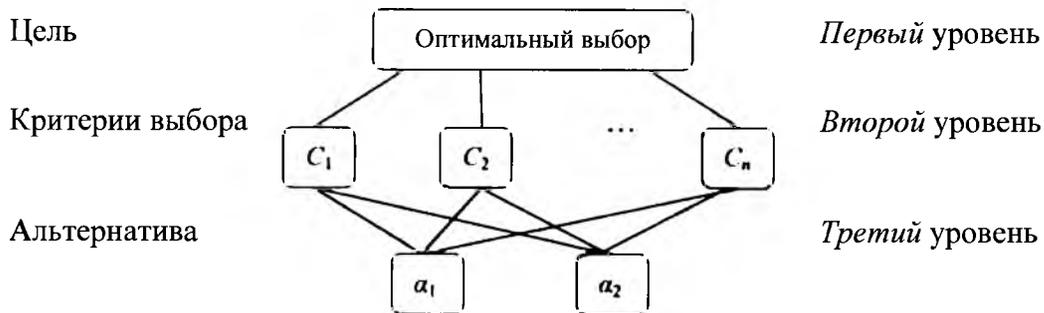


Рис. 1. Уровни иерархий при выборе наилучшего МП методом МАИ

Приведем основные соотношения расчетного алгоритма МАИ, адаптированного для данной рассматриваемой задачи. При попарном сравнении между собой всех критериев выбранного варианта, в том числе количественных и качественных, результатам сравнения этих критериев придаются численные значения согласно шкале, предложенной Саати, в которой относительная важность a_{ij} критерия C_i в сравнении с критерием C_j может быть выражена натуральным числом от 1 до 9. При этом равная важность характеризуется числом 1, умеренное преимущество одного над другим – 3, существенное преимущество – 5, значительное преимущество – 7, очень сильное преимущество – 9. Промежуточные решения между двумя соседними суждениями характеризуются числами – 2, 4, 6, 8. Числа a_{ij} являются элементами матрицы попарных сравнений критериев:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1N} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & \dots & a_{NN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где N – количество критериев;

a_{ij} – относительная важность критерия C_i по отношению к критерию C_j (результат попарного сравнения по шкале Саати).

Когда $i = j$, то $a_{ij} = 1$, $a_{ij} = a_{ji}^{-1}$ [1].

Аналогично строятся также матрицы B_k попарного сравнения альтернатив относительно каждого критерия с номером $k = 1, 2, \dots, N$, где N – количество критериев:

$$B_k = \begin{pmatrix} b_{11}^k & \dots & b_{1M}^k \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{M1}^k & \dots & b_{MM}^k \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где b_{ij}^k – результат попарного сравнения α_i -го и α_j -го подразделения (варианта планирования) в соответствии с k -м критерием ($k = 1, 2, \dots, N$);

M – количество подразделений или вариантов планирования метрологических работ (альтернатив), которые сравниваются.

С использованием матриц (1) и (2) оптимальный выбор из сравниваемых вариантов осуществляется следующим образом:

а) определяются нормированные собственные векторы для каждой построенной матрицы попарных сравнений (это векторы, которые определяют локальные приоритеты). Компоненты нормированных собственных векторов локальных приоритетов определяются по формуле

$$A_i^k = \left(\prod_{j=1}^L X_{ij}^k \right)^{1/L} \left(\sum_{i=1}^L \left(\prod_{j=1}^L X_{ij}^k \right)^{1/L} \right)^{-1}, \quad (3)$$

где $X_{ij}^k = a_{ij}$ для $k = 0$; $L = N$; $i, j = 1, 2, \dots, N$ (для матрицы (1) попарных сравнений критериев); $X_{ij}^k = b_{ij}^k$ для $k = 1, 2, \dots, N$; $L = M$; $i, j = 1, 2, \dots, M$ (для матрицы (2) попарных сравнений подразделений или вариантов планирования).

Индекс k (натуральное число) используется для обозначения номера критерия, по которому сопоставляются величины с этим индексом. Если же речь идет о сравнении самих критериев, используется $k = 0$;

б) проводится согласование локальных приоритетов;

в) определяются глобальные (обобщенные) приоритеты для каждого из M подразделений (вариантов планирования, альтернатив), которые сравниваются по формуле

$$G_n = \sum_{i=1}^N A_i^0 A_n^i, \quad n = \overline{1, M}, \quad (4)$$

где A_i^0, A_n^i – компоненты нормируемых собственных векторов локальных приоритетов, которые определяются по формуле (3);

г) найденные по формуле (4) глобальные приоритеты для каждого из подразделений или вариантов планирования (т.е. для $n = 1, 2, \dots, M$) ранжируются (размещаются в порядке роста величины G_n). Полученный порядок является ранжированием сравниваемых подразделений (вариантов планирования, альтернатив) с учетом всех избранных для сравнения критериев. Подразделение, для которого получено максимальное значение G_n , признается наилучшим по выбранным критериям.

Компоненты нормированных векторов локальных приоритетов являются соответствующими весовыми характеристиками, поскольку соотношение (3) устанавливает аналитическую связь между показателями относительной важности сравниваемых элементов по шкале Саати и их весовыми коэффициентами [3]:

$$\frac{\sqrt[L]{a_{12} \dots a_{1L}}}{\sqrt[L]{a_{12} \dots a_{1L}} + \sqrt[L]{a_{21} 1 \dots a_{2L}} + \dots + \sqrt[L]{a_{L1} a_{L2} \dots 1}} = A_1$$

$$\frac{\sqrt[L]{a_{21} 1 \dots a_{2L}}}{\sqrt[L]{a_{12} \dots a_{1L}} + \sqrt[L]{a_{21} 1 \dots a_{2L}} + \dots + \sqrt[L]{a_{L1} a_{L2} \dots 1}} = A_2$$

.....

$$\frac{\sqrt[L]{a_{L1} a_{L2} \dots 1}}{\sqrt[L]{a_{12} \dots a_{1L}} + \sqrt[L]{a_{21} 1 \dots a_{2L}} + \dots + \sqrt[L]{a_{L1} a_{L2} \dots 1}} = A_L$$

Такая связь позволяет определить отдельные элементы матриц (1), (2) не только в результате попарных сравнений, но и в тех случаях, когда какое-либо из попарных сравнений осуществить не удастся, путем пересчета с применением весов используемых критериев, которые могут быть установлены с применением дополнительной информации либо на основе экспертных оценок.

Для оценки качества функционирования МП требуется сформировать вектор критериев, который позволит учесть специфику выполняемых МП работ.

В качестве основы при формировании перечня показателей качества функционирования МП можно применить перечень показателей, приведенных в «Инструкции ...» [2], где указаны вопросы, на основании которых проводятся проверки состояния метрологического обеспечения воинской части, в состав которой по штату входит МП. По итогам таких проверок составляется акт с результатами оценивания состояния метрологического обеспечения (МЛО) части по следующим основным показателям:

- выполнению требований руководящих и нормативных документов по обеспечению единства и точности измерений;
- укомплектованности личным составом и обеспеченности МП ИТ, ее техническому состоянию;
- организации эксплуатации ИТ;
- организации производственной деятельности;
- уровню метрологической подготовки специалистов-метрологов.

Выполнение требований руководящих и нормативных документов по обеспечению единства и требуемой точности измерений оценивается по следующим критериям:

- наличие аккредитации МП;
- наличие нормативной, методической и учетно-отчетной документации;
- наличие эксплуатационной документации.

Укомплектованность личным составом и обеспеченность МП ИТ, ее техническое состояние оценивается по следующим критериям:

- уровню укомплектованности ИТ;
- полноте выполнения производственных мероприятий;
- соответствию фактического перечня ИТ нормам табелизации;
- соответствию фактического перечня ИТ учетным данным.

Организация эксплуатации ИТ оценивается по следующим критериям:

- качеству ведения книги учета технического состояния, аттестации (поверки) и ремонта эталонов (средств измерения);
- правильности планирования и полноте выполнения основных мероприятий;
- состоянию ИТ;
- полноте комплектности ИТ;
- полноте и качеству технического обслуживания ИТ.

Организация производственной деятельности МП оценивается по следующим критериям:

- наличие планирующей и отчетной документации;
- правильности годового и месячного планирования;
- качеству проведения поверочных, регулировочных и ремонтных работ;
- состоянию эталонов;
- полноте и качеству технического обслуживания эталонов;
- состоянию производственных помещений.

Уровень метрологической подготовки оценивается по следующим критериям:

- качеству проведения мероприятий метрологической подготовки;
- организации аттестации поверителей;
- умению личного состава работать с ИТ.

При составлении акта по результатам проверки состояния метрологического обеспечения эксперту необходимо будет указать числовую оценку каждого показателя и зафиксировать в текстовой части выявленные недостатки, что позволит сравнивать качество функционирования различных МП.

Таким образом, для применения МАИ необходимо будет построить матрицу попарных сравнений важности критериев между собой, а также таблицы попарных сравнений альтернатив (метрологических подразделений) по каждому из критериев.

Однако выполнение данной задачи может быть осложнено тем, что набор экспертов, участвующих в оценке качества функционирования МП, вследствие территориальной удаленности друг от друга МП, разнесения во времени момента проведения экспертного осмотра и оценивания МП, будет меняться, что существенно осложняет получение четких оценок попарных сравнений. В этом случае такие оценки могут быть заданы не четкими оценками, а степенями соответствия заданному критерию $\{\mu_{C_k}(\alpha_j^k), \alpha_j^k\}$, где $\mu_{C_k}(\alpha_j^k)$ характеризует степень соответствия оценки j -го МП, определяемой k -м критерием [1].

В этом случае наилучшая альтернатива α_j^k должна удовлетворять следующему правилу:

$$\mu(\alpha^*) = \max_{j=1, M} \min_{k=1, N} \mu_{C_k}(\alpha_j^k). \quad (5)$$

В случае, если критерии C_k имеют различную важность, каждому из них приписывается число γ_k , удовлетворяющее условиям:

$$\gamma_k \geq 0, \quad k = \overline{1, N}; \quad \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \gamma_k = 1. \quad (6)$$

Коэффициенты относительной важности определяются на основе процедуры парного сравнения критериев. Вначале формируется матрица A в соответствии с выражением (1). Затем находится W – собственный вектор матрицы A , соответствующий максимальному собственному значению λ_{\max} :

$$AW = \lambda_{\max} W. \quad (7)$$

Искомые значения коэффициентов γ_k получаются путем умножения элементов W на N для выполнения условия (6):

$$\gamma_k = N w_k. \quad (8)$$

Таким образом, вычисляются максимальные значения функции принадлежности для данной альтернативы с учетом всех критериев. В качестве итогового результата выбирается альтернатива, имеющая максимальное значение функции принадлежности.

Указанный подход можно использовать для оценивания качества функционирования деятельности однотипных подразделений и определения направлений его повышения, если в качестве исходных данных имеются результаты сравнений этих подразделений по указанным критериям. Если в качестве исходных данных использовать результаты оценки критериев за разные периоды существования МП, то тогда можно выполнить ретроспективный анализ его работы с получением числовой оценки динамики развития МП.

Список используемых источников

1. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
2. Приказ заместителя министра обороны Российской Федерации от 21 июня 2012 года №11. Об утверждении Инструкции по проведению проверок состояния метрологического обеспечения в Вооруженных силах Российской Федерации. – М., 2012.
3. Прокопов А.В., Щербак С.С. О применении метода анализа иерархий для оценки эффективности деятельности предприятий и организаций МЧС Украины // Проблемы чрезвычайных ситуаций: сборник наук НУЦЗ Украины. – 2010. – Вып. 12. – С. 122–131.
4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Ш.Ш. Исхаков,
 кандидат технических наук, доцент;
 Ф.Е. Ковалев,
 кандидат технических наук;
 А.П. Мохнаткин

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЖЕСТКОСТЬЮ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Представлено теоретическое обоснование физической адекватности снижения несущей способности конструкций и снижения их жесткости, идентифицируемого методом вибрационной диагностики.

Ключевые слова: вибрационная диагностика, строительные конструкции, несущая способность, жесткость.

При оценивании эксплуатационной пригодности стартовых сооружений (СС) используется разработанный в ВКА имени А.Ф. Можайского нетрадиционный метод функциональной вибрационной диагностики (ВД) [1–4], позволяющий оценивать снижение жесткости C строительных конструкций и грунтового основания СС по диагностическим признакам (D_{Pi}), содержащимся в энергетических спектрах выходных вибрационных сигналов, регистрируемых при пусках ракет космического назначения (РКН) на СС (рис. 1).

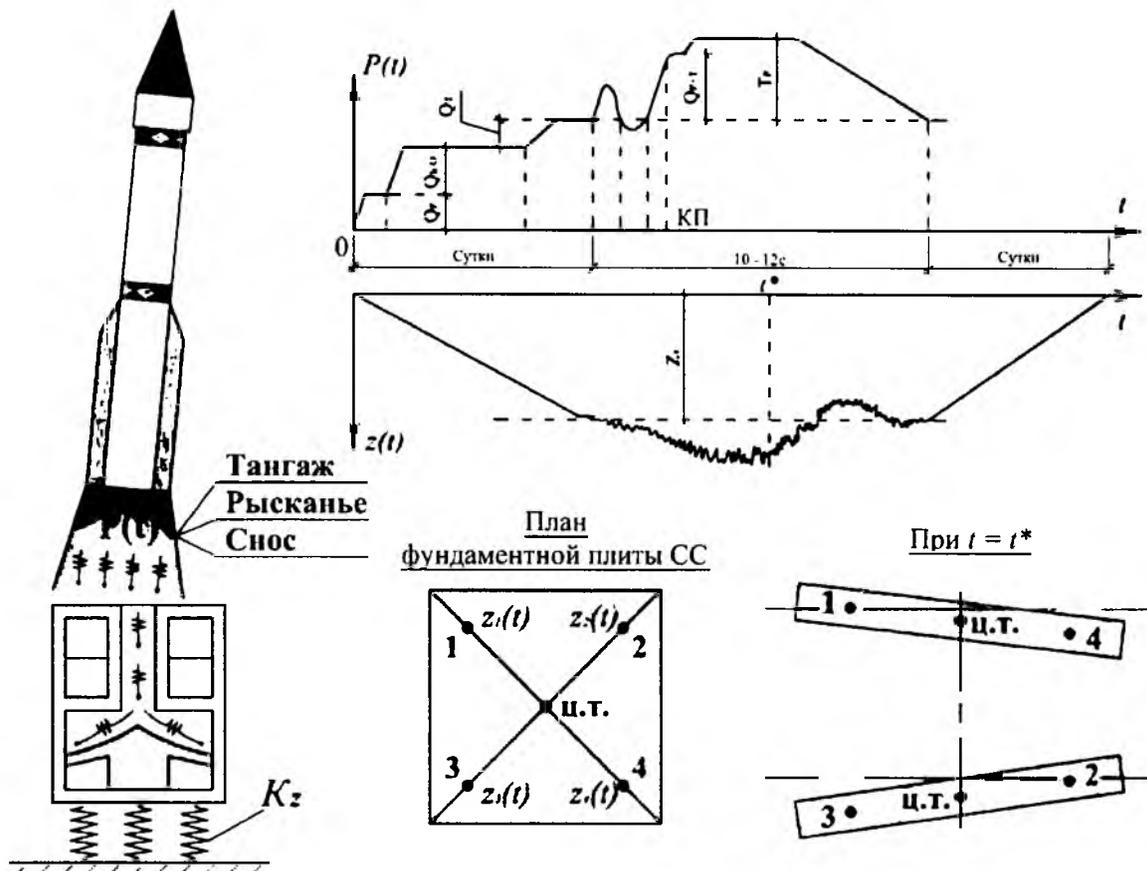


Рис. 1. Загрузка СС газовой струей при пуске ракет космического назначения

Вместе с тем в соответствии с федеральным законом № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» для эксплуатируемых строительных объектов должна обеспечиваться **механическая безопасность** их элементов, основным показателем которой является **несущая способность (НС)** конструкций и грунтовых оснований. В этой связи возникает задача обоснования физической взаимосвязи между жесткостью C элементов и их несущей способностью, которая является основным критерием при оценивании технических состояний зданий и сооружений в соответствии с ГОСТ Р 53778-2010 и СП 13-102-2003:

$$НС = f(C). \quad (1)$$

При решении данной задачи (1) следует учитывать, что диагностическими признаками снижения жесткости C изгибаемых пролетных конструкций при использовании методов вибрационной диагностики (рис. 2) являются снижение собственной (резонансной) частоты колебаний конструкции λ на некоторую величину $\Delta\lambda$ и увеличение экстремума передаточной функции $\eta(\omega)$ конструкции в некоторое ν раз:

$$D_{ii} = \begin{cases} \Delta\lambda > 0; \\ \nu > 1. \end{cases} \quad (2)$$

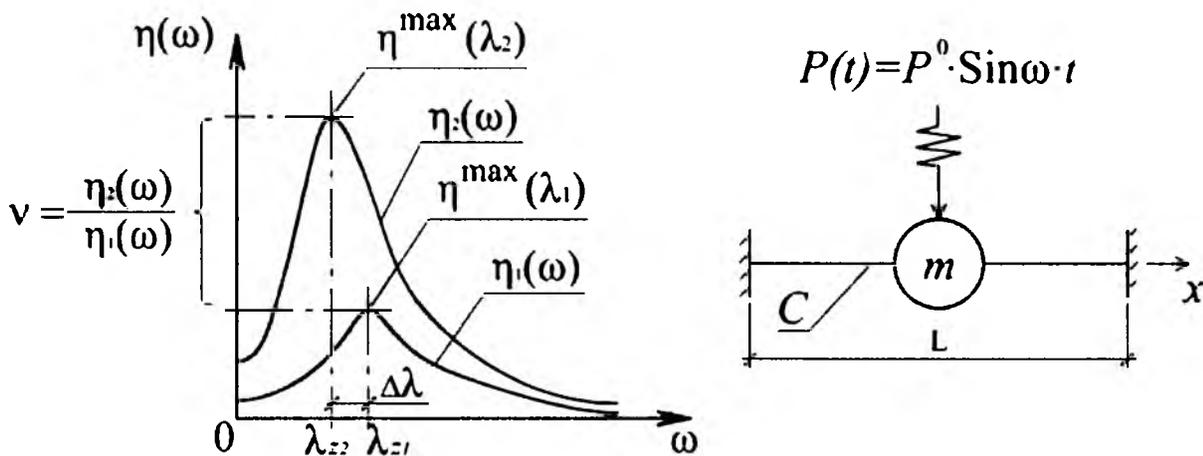


Рис. 2. Диагностические признаки снижения жесткости C конструкции

Критериями обеспечения НС конструкций и грунтовых оснований являются непревышение фактическими нагрузками P_{ϕ} критических нагрузок $P_{кр}$, которые могут выдерживать конструкции и грунтовые основания, и непривышение фактическими напряжениями σ_{ϕ} предела прочности R материала конструкций и грунтов, т.е.

$$P_{\phi} \leq P_{кр}; \quad (3)$$

$$\sigma_{\phi} \leq R. \quad (4)$$

Разновидностью нагрузок, воспринимаемых пролетными конструкциями, являются равномерно распределенные нагрузки q , воздействие которых при шарнирном опирании конструкции вызывает в середине пролета изгибающий момент $M_{пр}$, равный, как известно [5], значению

$$M_{\text{пр1}} = \frac{qL^2}{8}, \quad (5)$$

а при жестко заземленных концах конструкции – значению

$$M_{\text{пр2}} = \frac{qL^2}{24}, \quad (6)$$

где L – пролет конструкции. В этой связи разновидностью условия (3) в отношении изгибающих моментов может быть условие

$$M_{\text{ф}} \leq M_{\text{кр}}. \quad (7)$$

Следствием воздействия изгибающих моментов $M_{\text{ф}}$ в пролетных сечениях конструкций является их деформация в виде прогиба f этих конструкций. При этом взаимосвязь между изгибающим моментом $M_{\text{ф}}$ и прогибом пролетной конструкции f может быть, как известно [5], записана в упругой стадии работы конструкции в виде

$$M_{\text{ф}} = C \cdot f, \quad (8)$$

где C – изгибная жесткость пролетной конструкции.

Из соотношения (8) жесткость конструкции C определяется как

$$C = \frac{M_{\text{ф}}}{f}. \quad (9)$$

Зависимость прогиба f в середине пролетной стержневой системы от внешней равномерно распределенной нагрузки q известна [5]. Для шарнирно опертых стержней (прогиб f_1) и для жестко заземленных стержней (прогиб f_2) эта зависимость имеет следующий вид:

$$f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}; \quad (10)$$

$$f_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}, \quad (11)$$

где E – модуль деформации материала конструкции;

I – момент инерции сечения конструкции.

Из теоретических основ сопротивления материалов [5] известно, что в общем случае изгибная жесткость стержневых систем C зависит от достаточно большого числа параметров:

$$C = f(E, I, L, K), \quad (12)$$

где K – коэффициент, учитывающий условия закрепления концов стержня.

В закономерности зависимости (12) можно убедиться путем подстановки выражений (5), (6) и (10), (11) в (9), что дает следующие результаты:

$$C_1 = \frac{384}{40} \cdot \frac{E \cdot I}{L^2}; \quad (13)$$

$$C_2 = \frac{384}{24} \cdot \frac{E \cdot I}{L^2}, \quad (14)$$

где K_1 – коэффициент K в формуле (12) при шарнирном закреплении концов стержня, $K_1 = 384/40$;

K_2 – коэффициент K в формуле (12) при жестком заземлении концов стержня, $K_2 = 384/24$.

В то же время собственная (резонансная) частота колебаний стержня λ по первой (основной) форме его колебаний, как известно [6], определяется соотношением

$$\lambda = \sqrt{\frac{C}{m}}, \quad (15)$$

где m – масса стержня (см. рис. 2).

Для эксплуатируемых зданий и сооружений, у которых в течение длительного периода их функционирования масса их элементов m постоянна,

$$m = \text{const}, \quad (16)$$

изменение собственной частоты колебаний λ , определяемое соотношением (15), на некоторую величину $\Delta\lambda$ зависит только от изменения жесткости элементов C на некоторую величину ΔC :

$$\Delta\lambda = a\sqrt{\Delta C}, \quad (17)$$

где $a = 1/\sqrt{m} = \text{const}$.

На основании выражения (9) зависимость (17) можно записать в виде

$$\Delta\lambda = a \sqrt{\Delta\left(\frac{M_\phi}{f}\right)}. \quad (18)$$

Поскольку соотношение (7) является одним из критериев обеспечения несущей способности изгибаемых пролетных конструкций, то соотношение (18) позволяет идентифицировать изменение НС конструкции в виде изменения воспринимаемого конструкцией изгибающего момента ΔM_ϕ по первому диагностическому признаку в выражении (2):

$$\Delta M_\phi = (\Delta\lambda)^2 \cdot \frac{\Delta f}{a^2}. \quad (19)$$

Вместе с тем из соотношения (17) следует, что

$$\Delta C = \frac{1}{a^2} \cdot (\Delta\lambda)^2. \quad (20)$$

Исходя из сравнения выражений (19) и (20), становится очевидным, что с помощью первого диагностического признака в выражении (2) по $\Delta\lambda$ можно идентифицировать как снижение жесткости строительной системы ΔC (20), так и снижение НС пролетных конструкций в виде снижения на величину ΔM_ϕ изгибающего момента M_ϕ , который может воспринимать конструкция.

Таким образом, зависимости (19) и (20) демонстрируют физическую обоснованность того, что диагностирование технического состояния несущих строительных конструкций методом ВД по критерию снижения их жесткости C с помощью $D_{\Pi i}$ в выражении (2) (см. рис. 2) является адекватным диагностированию технического состояния конструкций по снижению их несущей способности. При этом, с учетом зависимостей (12) – (14), очевидно, что снижение жесткости C на некоторые величины ΔC является комплексным (интегральным) показателем изменения таких физико-механических характеристик (ФМХ) конструкций, как их пролет L , условия закрепления концов в виде коэффициента K , модуль деформаций материала конструкции E и момент инерции сечения I . Если же в процессе эксплуатации сооружения пролеты несущих конструкций L остаются постоянными, то

$$L = \text{const}, \quad (21)$$

а интегральность метода ВД (см. рис. 2) заключается в том, что $D_{\Pi i}$ в выражении (2) позволяют по изменению (снижению) жесткости ΔC в выражении (20) судить о комплексном влиянии [см. (12) – (14)] на изменение (снижение) НС пролетной конструкции таких ФМХ, как изменение условий закрепления концов конструкции K , модуля деформации материала E и момента инерции сечения конструкции I :

$$\Delta C = \Delta(\text{НС}) = f(K, E, I). \quad (22)$$

Таким образом, интегральность метода ВД (см. рис. 2) позволяет существенно повысить оперативность и снизить трудоемкость постановки диагноза о техническом состоянии СС (см. рис. 1) при следующей стратегии использования вибрационных диагностических систем (ВДС) на СС:

- если при очередном пуске РКН (см. рис. 1) зафиксированы значения $D_{\Pi i}$, т.е.

$$D_{\Pi i} = \begin{cases} \Delta\lambda = 0; \\ \nu = 1, \end{cases} \quad (23)$$

то это означает, что жесткость конструкции (22) [а следовательно, и ее НС (19)], на которой установлены вибродатчики, не изменилась, т.е.

$$\Delta C = 0, \quad (24)$$

и, следовательно, нет оснований для проведения детального и трудоемкого обследования стартовых сооружений;

- если при очередном пуске РКН (см. рис. 1) зафиксированы $D_{\Pi i}$ в выражении (2), то это означает, что снизилась жесткость контролируемой конструкции (22), т.е.

$$\Delta C > 0, \quad (25)$$

а следовательно, снизилась и НС конструкции ($\Delta M_{\phi} > 0$), и необходимо детальное обследование СС с целью выявления **дефектов** конструкций, вызванных снижением параметров ФМХ, указанных в правой части выражения (22).

Из изложенного следует, что **интегральность** разработанного в ВКА имени А.Ф. Можайского метода ВД (см. рис. 2) по критерию снижения НС конструкций, определяемых выражениями (19) и (20), с использованием диагностических признаков в выражениях (2) и (23) [1–4] позволяет оперативно решать задачи по оцениванию **механической безопасности** и **надежности** эксплуатируемых СС (см. рис. 1).

Список используемых источников

1. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1995. – 560 с.
2. А. с. RU(21) 2008 147445/28(13)А. Метод функциональной вибрационной диагностики изменения несущей способности грунтового основания и строительных конструкций зданий и сооружений / Н.Н. Гусев, Ш.Ш. Исхаков. – № 2008147445; заявл. 01.12.2008; опубл. 2010, бюл. №16 ФГУ по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 3 с.
3. Исхаков Ш.Ш. Вибрационная тестово-функциональная диагностика состояния строительных конструкций при мониторинге зданий и сооружений для предупреждения чрезвычайных ситуаций: монография. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2011. – 164 с.
4. Исхаков Ш.Ш. Задачи совершенствования диагностики технического состояния специальных сооружений. – М., 1983. – 22 с. – Деп. в ЦИВТИ МО, Р13625. Вып. 7/172.
5. Исхаков Ш.Ш., Ковалев Ф.Е. Принципы идентификации параметров входных и выходных процессов при мониторинге зданий и сооружений, подверженных динамическим воздействиям // Белые ночи – 2008: сб. док. юб. науч. чт.: в 2 ч. – СПб.: МАНЭБ, 2008. – Ч.2. – С. 343 – 346.
6. Справочник по динамике сооружений / под ред. профессоров Б.Г. Королева, Н.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – 511 с.

Т.В. Калинин,
кандидат технических наук;
О.А. Лактюхин,
кандидат военных наук, доцент;
Д.В. Хрестинин

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОЦЕССОРА ВВОДА-ВЫВОДА МНОГОПРОЦЕССОРНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В статье оценивается методика технического обслуживания процессора ввода-вывода многопроцессорного вычислительного комплекса, адаптированная под реальное техническое состояние аппаратуры.

Ключевые слова: техническое обслуживание, коэффициент готовности, вычислительный комплекс, коэффициент технического использования.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент при техническом обслуживании вооружения Войск воздушно-космической обороны необходимо внедрять методы экономного использования материальных средств и средств тылового обеспечения. Между тем, проведено сокращение личного состава, что повлияло на качество организации и проведения технического обслуживания. Следовательно, необходима такая система технического обслуживания, которая позволяла бы при минимальных затратах на обслуживание привлекать меньшее количество персонала, обеспечивая высокую надежность вооружения.

Целью работы является улучшение основных показателей технического состояния вооружения Войск воздушно-космической обороны, а именно коэффициента готовности K_r , за счет применения предлагаемой усовершенствованной методики технического обслуживания.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

В рамках проведенной работы разрабатывались вопросы: анализ существующей методики технического обслуживания (ТО) и разработка усовершенствованной адаптированной методики технического обслуживания вычислительного комплекса.

Существуют три принципа технического обслуживания – календарный, временной и по результатам оценки технического состояния вооружения.

Календарный принцип является наиболее древним (с давних времен чистка оружия была обязательным пунктом распорядка дня воинской части). Характерным признаком этого принципа является то, что объем, сроки и содержание технического обслуживания определяются исключительно календарными сроками и не зависят от времени и характера функционирования аппаратуры. Он применяется в случае естественного старения и износа аппаратуры [4]. Его недостаток – необходимость технического обслуживания определяется не техническим состоянием средств вооружения, а только лишь календарными сроками, что приводит к снижению коэффициента технического использования $K_{ти}$.

Временная система характеризуется тем, что объем, сроки и содержание технического обслуживания определяются фактической наработкой аппаратуры. Сроки проведения технического обслуживания связаны со временем функционирования, а это время связано с надежностью аппаратуры, значит, временная система более совершенна и обоснованна. Ее недос-

татов – в сложности планирования, так как техническое обслуживание отдельных устройств одной и той же системы нужно организовать в различные календарные сроки.

Сущность технического обслуживания вооружения по принципу его технического состояния заключается в том, что объем потребных мероприятий технического обслуживания определяется на основании фактического состояния вооружения. Это позволяет подвергать техническому обслуживанию только те устройства, которые оказались менее надежны в предшествующий период эксплуатации и обусловили большую часть в общем потоке отказов. По сути дела, это – адаптивная система технического обслуживания, и в этом ее главное достоинство.

Недостаток заключается в определенной трудности выбора необходимого обобщенного показателя надежности аппаратуры и определения критерия назначения объема мероприятий технического обслуживания. Поэтому она применяется там, где есть большой опыт эксплуатации вооружения. Для вновь вводимых образцов вооружения необходимо применять классические принципы организации технического обслуживания.

Для достижения цели был произведен анализ существующей методики технического обслуживания, и рассмотрен ее основной недостаток, т.е. необходимость проведения технического обслуживания, определяемая календарными сроками, а не техническим состоянием средств вооружения, что приводит к снижению коэффициента технического использования $K_{ТИ}$ и не позволяет поддерживать техническое состояние вооружения на высоком уровне [2].

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время во всех развитых государствах мира внедряются и используются адаптивные системы технического обслуживания, ориентированные на реальное состояние техники (вооружения).

Для достижения цели решается основная задача работы, т.е. разработка усовершенствованной методики технического обслуживания вычислительного комплекса, на примере технического обслуживания процессора ввода-вывода многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК).

Тем самым была проведена декомпозиция задачи на частные:

- анализ существующей методики технического обслуживания вычислительного комплекса;
- анализ основных характеристик работоспособности вычислительного комплекса;
- разработку усовершенствованной адаптированной методики технического обслуживания вычислительного комплекса;
- сравнение разработанной методики технического обслуживания с существующей.

В ходе работы были получены следующие результаты:

1) оценка существующей методики технического обслуживания с определением операций технического обслуживания при малой периодичности [4];

2) получены формализованные выражения, описывающие поведение показателей технического состояния вооружения: время наработки на отказ T_0 , время восстановления T_B , коэффициент готовности K_G во времени при существующей методике технического обслуживания;

3) разработана усовершенствованная адаптированная методика технического обслуживания вычислительного комплекса;

4) оценка полученных результатов адаптированной с существующей методикой технического обслуживания; выявлено улучшение показателей по времени на отказ T_0 , времени восстановления T_B , а также коэффициента готовности K_G .

На представленных ниже графиках анализа усовершенствованной методики, по сравнению с существующей, заметно улучшение показателей по времени наработки на отказ T_0 , времени восстановления T_B , а также коэффициента готовности K_G , где он практически приближен к идеальному значению коэффициента равному единице (рис. 1–3).

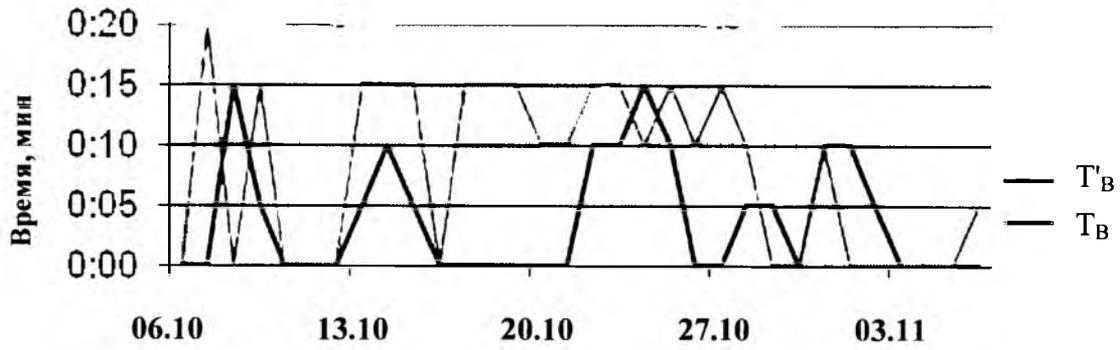


Рис.1. Время восстановления при существующей и адаптированной методике

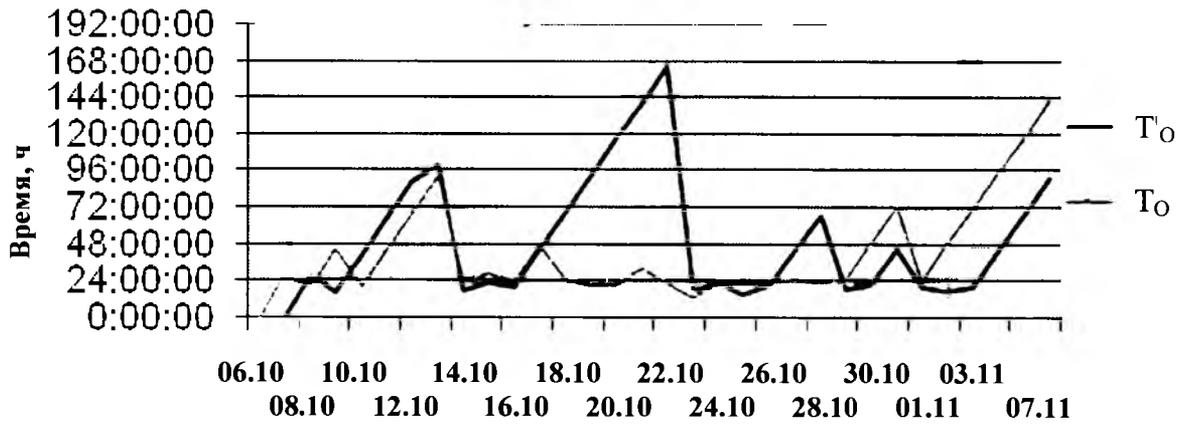


Рис.2. Время наработки на отказ при существующей и адаптированной методике

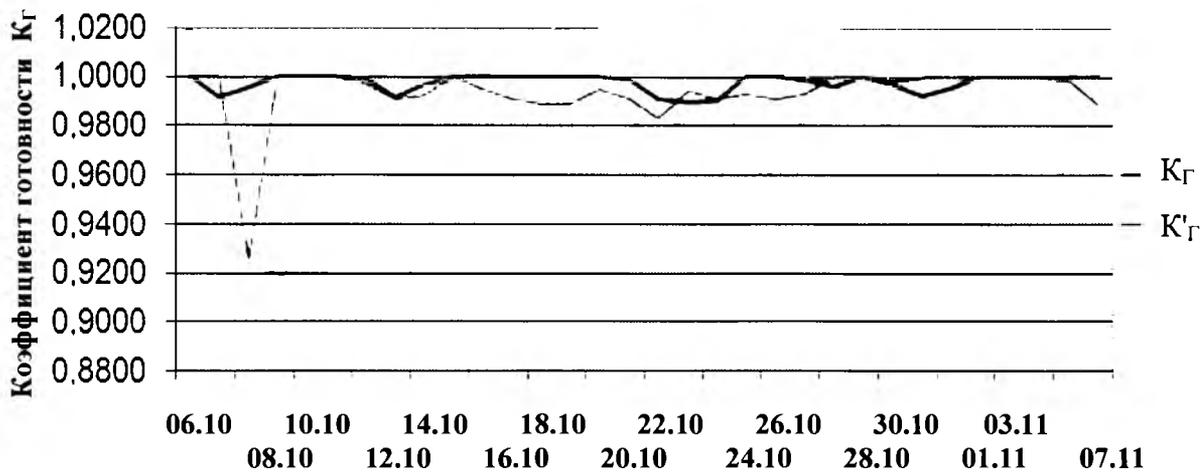


Рис.3. Коэффициент готовности при существующей и адаптированной методике

На графиках T_0 – время наработки на отказ, T_B – время восстановления, K_G – коэффициент готовности для существующей методики ТО, а T'_0 – время наработки на отказ, T'_B – время восстановления, K'_G – коэффициент готовности для адаптированной методики ТО.

Для прогноза дальнейшего значения времени наработки на отказ, времени восстановления и коэффициента готовности при адаптированной методике проведения технического обслуживания методом тренда [1] получены следующие аналитические выражения наработки на отказ:

$$T'_0 = 0,067 + 0,001 \cdot \cos 0,38x + 0,036 \cdot \sin 0,38x; \quad (1)$$

$$T'_B = 0,055 + 0,001 \cdot \cos 0,56x + 0,065 \cdot \sin 0,56x; \quad (2)$$

$$K'_G = 200,6 \cdot \exp(((x - 355)/213,5)^2) + 0,07 \cdot \exp(((x - 69,5)/23,57)^2), \quad (3)$$

где T'_B – время восстановления;

K'_G – коэффициент готовности для адаптированной методики ТО.

Таблица 1

Рассчитанные значения показателей для оценки существующей и адаптированной методики

Дата	Показатели					
	T_B	T'_B	T_0	T'_0	K_G	K'_G
06.10.2011	0:00	0:00	0:00:00	0:00:00	1,0000	1
07.10.2011	0:20	0:15	28:30:00	28:35:00	1,0000	0,991329
08.10.2011	0:00	0:05	20:45:00	17:40:00	0,9250	0,995305
09.10.2011	0:15	0:00	44:45:00	41:40:00	1,0000	1
10.10.2011	0:00	0:00	20:32:00	65:40:00	1,0000	1
11.10.2011	0:00	0:00	44:32:00	89:40:00	1,0000	1
12.10.2011	0:00	0:05	68:32:00	100:40:00	0,9970	0,999173
13.10.2011	0:15	0:10	92:32:00	18:50:00	0,9910	0,991228
14.10.2011	0:15	0:05	24:53:00	23:05:00	0,9920	0,996403
15.10.2011	0:15	0:00	29:15:00	21:25:00	1,0000	1
16.10.2011	0:00	0:00	23:55:00	45:25:00	0,9950	1
17.10.2011	0:15	0:00	47:55:00	69:25:00	0,9910	1
18.10.2011	0:15	0:00	25:40:00	93:25:00	0,9890	1
19.10.2011	0:15	0:00	21:50:00	117:25:00	0,9890	1
20.10.2011	0:10	0:00	21:35:00	141:25:00	0,9950	1
21.10.2011	0:10	0:10	32:33:00	165:25:00	0,9910	0,998993
22.10.2011	0:15	0:10	23:37:00	18:15:00	0,9830	0,99095
23.10.2011	0:15	0:15	13:50:00	23:05:00	0,9940	0,989286
24.10.2011	0:10	0:10	24:45:00	16:20:00	0,9910	0,989899
25.10.2011	0:15	0:00	23:25:00	21:45:00	0,9930	1
26.10.2011	0:10	0:00	24:10:00	43:45:00	0,9910	1
27.10.2011	0:15	0:05	25:10:00	67:45:00	0,9930	0,998771

Эти формулы представляют собой несложные выражения, которые можно рассчитать в любой среде *Windows Microsoft*. Для примера были рассчитаны необходимые нам параметры в *Windows Microsoft Excel*, полученные результаты приведены в табл.1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные расчеты и графики показывают, как можно, изменив технологию и порядок проведения технического обслуживания, улучшить основные показатели работоспособности вычислительного комплекса.

Также данная методика позволяет уменьшить время простоя, которое необходимо на техническое обслуживание, особенно при выключении комплекса.

Кроме того, в связи с тем, что в предложенной методике некоторые мероприятия перенесены из ТО малой периодичности в ТО большой периодичности, происходит экономия материальных средств, средств тылового обеспечения и горюче-смазочных материалов.

Все эти возможности предложенной методики, при применении их в Войсках воздушно-космической обороны, позволят повысить коэффициент готовности вычислительного комплекса и соответственно узла в целом.

Список используемых источников

1. Многопроцессорный вычислительный комплекс «Эльбрус-1»: инструкция по эксплуатации. – МО РФ, 1987. – Ч.3. – 143 с.

2. Многопроцессорный вычислительный комплекс «Эльбрус-1»: техническое описание. – МО РФ, 1986. – Ч.1. – 178 с.

3. *Погребинский С.Б., Стрельников В.П.* Проектирование и надежность многопроцессорных ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 167 с.

4. Руководство по организации технического обслуживания в Космических войсках. – МО РФ, 2002. – 127 с.

В.В. Карагодин,
кандидат технических наук, профессор;
В.А. Горин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ, АДАПТИРОВАННАЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

В связи с внедрением режима параллельной работы генераторных агрегатов в системах электроснабжения наземных комплексов, встает вопрос о совершенствовании систем автоматического регулирования и разработке оптимальных законов регулирования параллельно работающих генераторных агрегатов. Предложены обоснование и метод разработки упрощенной математической модели параллельно работающих генераторов для оптимизации управления, моделирования и исследования переходных процессов при коммутации статической нагрузки.

Ключевые слова: математическое описание системы параллельно работающих синхронных генераторов, преобразования Горева–Парка.

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние систем автономного электроснабжения (САЭ) наземных комплексов (НК) Войск ВКО требует проведения мероприятий по их модернизации и реконструкции. При определении направлений этих работ необходимо учитывать требования нормативных документов к системам автономного электроснабжения.

Одним из основных режимов работы генераторных агрегатов в системах электроснабжения (СЭС) наземных комплексов Войск ВКО является параллельная работа генераторных агрегатов (ГА). Параллельная работа источников электроэнергии позволяет повысить технико-экономические показатели СЭС в различных режимах их работы.

При параллельной работе для обеспечения наиболее благоприятного режима работы СЭС необходимо установить соответствующий закон распределения нагрузок между отдельными генераторными агрегатами. Для СЭС НК основными требованиями при параллельной работе является обеспечение равномерной загрузки параллельно работающих агрегатов одинаковой мощности и пропорциональной номинальным мощностям в случае параллельной работы агрегатов различной мощности.

В связи с повсеместным внедрением режима параллельной работы генераторных агрегатов в СЭС НК, остро встает вопрос о совершенствовании систем автоматического регулирования и разработке оптимальных законов регулирования параллельно работающими ГА.

Система параллельно работающих синхронных генераторов (СГ) относится к колебательным системам. Повышенные значения коэффициентов передачи СГ (для обеспечения требуемой точности поддержания напряжения), а также наличие устройств параллельной работы обуславливают повышение колебательности системы, а также снижение ее пределов устойчивости и ухудшение динамических характеристик. Поэтому для улучшения качества вырабатываемой электроэнергии, повышения устойчивости и надежности функционирования СЭС необходимы поиск и внедрение более совершенных методов и способов управления параллельно работающими синхронными генераторами СЭС НК.

Учитывая повышенные требования ответственных потребителей НК Войск ВКО к качеству напряжения сети, прежде всего к величине и длительности отклонений напряжения, а также учитывая положительные моменты применения критерия оптимального быстродействия, в качестве критерия оптимальности целесообразно принять длительность переходного процесса.

Совершенствование систем регулирования синхронных генераторов путем разработки и реализации более совершенных (включая оптимальные) законов регулирования невозможно без применения современных методов математического моделирования. Это, в свою очередь, приводит к необходимости разработки математических моделей рассматриваемых объектов.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

При исследовании переходных процессов в САЭ необходимо получить модели (уравнения) элементов системы, преобразовать их к общей системе уравнений, приспособленной для решения поставленных задач.

Наибольшее распространение для исследования происходящих в электроэнергетических системах процессов получили модели, разработанные на основе преобразований Горева–Парка [1, 2]. В этом случае электрическая машина представляется как двухфазная с перпендикулярно расположенными обмотками по осям d – q , жестко связанным с ротором синхронной машины.

При разработке таких моделей, как правило, используют ряд общепринятых допущений [2, 3, 4, 6]:

- трехфазная система обмоток электрических машин симметрична;
- влияние гистерезисных явлений и вихревых токов не учитывается;
- величина параметров системы остается постоянной и не зависящей от параметров режима в течение всего времени протекания изучаемого процесса;
- параметры режима в переходных процессах выражаются действующими или амплитудными, а не мгновенными значениями ввиду малости периода колебаний по сравнению с длительностями переходных процессов;
- электрическая трехфазная нагрузка симметрична – отсутствуют составляющие обратной и нулевой последовательностей.

Однако, даже с учетом допущений, математическая модель, например синхронного генератора, описывающая электромагнитный контур, состоит из системы дифференциальных уравнений шестого порядка для напряжений и системы алгебраических уравнений для расчета потокосцеплений.

С учетом математического описания автоматического регулятора возбуждения, двигательной нагрузки порядок системы возрастает до 12-го.

Использование полной модели может быть оправдано на заключительном этапе исследований, например при отработке алгоритмов функционирования и настройки системы автоматического регулирования возбуждения или при проведении сравнительного анализа эффективности работы различных систем возбуждения при отсутствии электродинамической модели.

При решении же задач синтеза законов управления, и в особенности оптимальных законов, высокий порядок дифференциальных уравнений, описывающих поведение объекта в разных режимах, создает одну из основных трудностей.

Для исследования автономных систем электроснабжения часто используются упрощенные уравнения синхронного генератора, которые учитывают существенные свойства и связи объекта исследования, уклоняясь от второстепенных свойств, т. е. помимо указанных выше общепринятых допущений вводятся дополнительные допущения, учитывающие специфику решаемой задачи [2, 4, 5, 6].

К таким допущениям можно отнести следующие:

- пренебрежение активным сопротивлением обмоток статора, $r = 0$;
- пренебрежение трансформаторными электродвижущими силами (э.д.с.), $e_{tr} = 0$;
- не учитывается влияние демпферных контуров;
- частота вращения первичного двигателя считается постоянной.

При принятых допущениях параллельная работа двух СГ будет описываться следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} e_{qi} - x_{di}i_{di} &= u_{qi} = x_{ni}i_{ni}; \\ e_{qi} + T_{d0i}p(e_{qi} - (x_{di} - x'_{di})i_{di}) &= u_{fi}; \\ (T_{wi}p + 1)u_{fi} &= k_{wi}u_{wi}; \\ i_{dn1} = i_{dn2} &= i_{d1} + i_{d2}; \\ u_n &= (i_{d1} + i_{d2})x_n; \end{aligned} \quad (1)$$

где x_{di} , x_{qi} , x_{di} – параметры i -го генератора, о.е.;
 T_{d0i} – постоянные времени обмоток возбуждения генераторов, с.;
 u_{di} , u_{qi} , i_{di} , i_{qi} – напряжения и токи СГ по осям d и q , о.е.;
 e_{qi} – э.д.с. возбуждения, которые в относительных единицах равны токам возбуждения i_{fi} ;
 u_{fi} – напряжения на обмотках возбуждения СГ, о.е.;
 T_{wi} – постоянная времени возбудителя, с.;
 k_{wi} – передачи возбудителя;
 i_{dn1} , i_{qn1} – проекции тока нагрузки на оси d и q соответствующих генераторов;
 x_n – параметры чисто индуктивной нагрузки, о.е.;
 u_n – напряжение на зажимах нагрузки, о.е.

Важной особенностью полученной математической модели является тот факт, что изменение нагрузки СГ моделируется не изменением какой-то внешней возмущающей силы, а посредством скачкообразного изменения параметров схемы, вызванного изменением нагрузки.

Одним из недостатков данной модели является то, что переменные состояния (э.д.с. e_{qi}), а также токи i_{di} и напряжения u_{qi} , u_n в первый момент времени после возмущения, также как и параметры модели, скачкообразно изменяются, и это изменение практически не зависит от управляющих воздействий (u_{wi}), а определяется только параметрами нагрузки и параметрами генераторов.

Гораздо удобнее при проведении исследований использовать модель, в которой переменные состояния не могут скачкообразно изменяться. Поэтому в инженерных расчетах вместо реальных э.д.с. e_{qi} зачастую используют фиктивные э.д.с. за переходным сопротивлением e'_{di} , которые определяются как

$$e'_{di} = e_{qi} - i_{di}(x_{di} - x'_{di}). \quad (2)$$

Выбор и использование в качестве новой переменной состояния э.д.с. e'_{di} обусловлены в основном тем фактом, что данная э.д.с. пропорциональна потокосцеплению в обмотке возбуждения СГ и в силу закона постоянства потокосцепления не может изменяться скачком. В первый момент времени после наброса (сброса) нагрузки она остается постоянной, а затем изменяется вместе с постоянной времени, определяемой параметрами СГ и нагрузки.

Если в систему уравнений (1) вместо э.д.с. e_{qi} подставить $e_{qi} = e'_{di} + i_{di}(x_{di} - x'_{di})$, получится следующее описание параллельно работающих СГ:

$$\begin{aligned} e'_{di} - x'_{di}i_{di} &= u_{qi} = x_{ni}i_{ni}; \\ (T_{d0i}p + 1)e'_{di} + (x_{di} - x'_{di})i_{di} &= u_{fi}; \\ (T_{wi}p + 1)u_{fi} &= k_{wi}u_{wi}; \\ i_{dn1} = i_{dn2} &= i_{d1} + i_{d2}; \\ u_n &= x_n(i_{d1} + i_{d2}), \end{aligned} \quad (3)$$

где $i = 1, 2$ (соответственно для 1-го и 2-го генераторов).

Анализ приведенной структурной схемы показывает, что e'_{di} не могут измениться скачком в результате резкого изменения коэффициентов k_i , так как выходные координаты апериодических звеньев, от которых зависят e'_{di} , скачком измениться тоже не могут, при этом переменные e_{qi} , i_{di} , u_n претерпевают резкие изменения.

Если систему (3) дифференциально–алгебраических уравнений привести к каноническому виду, то ее можно записать в матричной форме следующим образом:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}. \quad (4)$$

В выражении (4) имеем:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} u_{f1} \\ u_{f2} \\ e'_{d1} \\ e'_{d2} \end{bmatrix} \text{ – вектор–столбец переменных состояния;}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 \\ a_{31} & 0 & a_{33} & a_{34} \\ 0 & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ – матрицы коэффициентов;}$$

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_{fb1} \\ u_{fb2} \end{bmatrix} \text{ – вектор–столбец управляющих воздействий.}$$

Коэффициенты матриц \mathbf{A} и \mathbf{B} :

$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{1}{T_{\sigma 1}}; \quad a_{22} = -\frac{1}{T_{\sigma 2}}; \quad a_{31} = \frac{1}{T_{\sigma 1}}; \quad a_{42} = \frac{1}{T_{\sigma 2}}; \\ a_{33} &= -\frac{1 + k_{11}(x_{d1} - x'_{d1})}{T_{f1}}; \quad a_{34} = \frac{k_{12}(x_{d1} - x'_{d1})}{T_{f1}}; \\ a_{44} &= -\frac{1 + k_{22}(x_{d2} - x'_{d2})}{T_{f2}}; \quad a_{43} = \frac{k_{21}(x_{d2} - x'_{d2})}{T_{f2}}; \\ b_{11} &= \frac{k_{\sigma 1}}{T_{\sigma 1}}; \quad b_{22} = \frac{k_{\sigma 2}}{T_{\sigma 2}}; \\ k_{11} &= \frac{(x_n + x'_{d2})}{k_k}; \quad k_{12} = -\frac{x_i}{k_k}; \quad k_{22} = \frac{(x_n + x'_{d1})}{k_k}; \end{aligned}$$

$$k_{21} = -\frac{x_n}{k_k}; \quad k_i = x_i; \quad k_k = x_i(x'_{d1} + x'_{d2}) + x'_{d1}x'_{d2}.$$

Пренебрежение активными сопротивлениями обмоток статора СГ и предположение о набросе чисто индуктивной нагрузки не накладывают никаких ограничений на возможность применения такой формы записи уравнений системы. Аналогичные соотношения могут быть выведены в случае наброса активно-индуктивной нагрузки и при учете активных сопротивлений обмоток статора. В этом случае форма записи и структура матриц \mathbf{A} и \mathbf{B} останутся прежней. Изменится лишь структура коэффициентов k_{11} , k_{12} , k_{21} , k_{22} .

Адекватность предложенной математической модели системы параллельно работающих СГ обеспечена путем математического моделирования уравнений системы по упрощенному описанию и по полным уравнениям Парка–Горева. Полученные графики переходных процессов подтвердили удовлетворительную точность предложенной упрощенной модели. Сравнительный анализ показал, что максимальная погрешность моделирования по упрощенной модели не превышает 5 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная упрощенная математическая модель (4) параллельно работающих генераторов достаточно точно описывает поведение объекта в разных режимах и удобна для решения

задач синтеза различных законов (включая оптимальные законы) управления, моделирования и исследования переходных процессов.

Список используемых источников

1. *Баранов А. П.* Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации. – СПб. : Элмор, 1997. – 232 с.
2. *Веретенников Л. П.* Переходные процессы в электроэнергетических системах кораблей. – Л.: ВМОЛУА, 1982.
3. *Карагодин В.В., Сымитка А.В., Курганский С.Е.* Математическая модель синхронного генератора: деп. рукопись в ЦСИФ МО РФ 09.04.01, инв. № Б 4457.– М., 2001. – 30 с.
4. *Карагодин В.В., Фомичев И.В., Сымитка А.В.* Разработка математической модели автономно работающего синхронного генератора на статическую активно–индуктивную нагрузку: деп. рукопись в ЦСИФ МО РФ 12.01.96, инв. № Б 2775. – М., 1996. – 27 с.
5. *Краснов В.В., Мещанинов П.А., Мещанинов А.П.* Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем. – Л.: Судостроение, 1989. –326 с.
6. *Токарев Л.Н.* Математическое описание, расчет и моделирование физических процессов в судовых электростанциях. – Л. : Судостроение, 1980. – 119 с.

П.А. Козин,

доктор технических наук, профессор;

Д.С. Старчуков,

кандидат технических наук;

Р.Б. Шмаков,

кандидат технических наук

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ВЫБОР СОСТАВА БЕТОНОВ С ЗОЛЬСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Статья посвящена вопросам планирования эксперимента и выбора состава бетонов для установления математических зависимостей между заданными свойствами бетона, расходом и свойствами составляющих его материалов. В статье изложены современные методы планирования эксперимента и обработки его результатов. Полученные математические модели используются для назначения рациональных составов разработанного бетона.

Ключевые слова: планирование эксперимента, высокопрочные бетоны, зольсодержащие добавки.

С целью сокращения объема и длительности проведения экспериментальных исследований, при сохранении требуемого уровня достоверности получаемых результатов используют современные методы планирования эксперимента и обработки его результатов.

Планирование экспериментов и выбор состава бетонов с применением математических методов рекомендуется производить при построении зависимостей, необходимых для корректировки состава бетона в процессе его приготовления, при организации изделий по новой технологии, в случае использования автоматических систем управления технологическим процессом [2].

Сущность планирования экспериментов и выбора состава бетонов с применением математико-статистических методов заключается в установлении математической зависимости между заданными свойствами бетона, расходом и свойствами составляющих материалов. Получаемая математическая зависимость используется для назначения и поиска рациональных составов. Построение математических зависимостей осуществляется на основе специальных лабораторных экспериментов с последующим их уточнением в производственных условиях. Проведению лабораторных экспериментов должны предшествовать следующие этапы:

- уточнение в зависимости от конкретной задачи оптимизируемых параметров (марки бетона, заданных значений удобоукладываемости, специальных требований и т.п.);
- выбор факторов, определяющих изменчивость оптимизируемых параметров;
- расчет основного исходного состава бетонной смеси;
- выбор интервалов варьирования факторов;
- выбор плана и условий проведения эксперимента;
- расчет всех составов бетонной смеси в соответствии с выбранным планом и реализация эксперимента;
- обработка результатов эксперимента с построением математических зависимостей свойств бетонной смеси от выбранных факторов.

Постановка задачи заключается в том, что на основании исходных данных необходимо решить задачу оптимизации состава изделий (бетона).

Рассмотрим ограничения, накладываемые на условия протекания технологического процесса изготовления бетона.

1. Основным критерий качества изготавливаемого продукта (по исходным данным) – прочность, определяемая банком данных измерений. В качестве эталонного значения прочности были выбраны средние значения соответствующих ее показателей, определенные по выборке бетона, произведенного без изменения консистенции.

Эталонные параметры прочности: $Y_1 = 20$; $Y_2 = 30$; $Y_3 = 56$; $Y_4 = 4,0$; $Y_5 = 7,0$; $Y_6 = 11,0$; $Y_7 = 0,14$; $Y_8 = 0,18$; $Y_9 = 0,40$.

2. Применяемая модель должна иметь форму уравнения, она может быть сложной с математической точки зрения, но обязательно простой по структуре.

3. Решение будет считаться оптимальным, если оно максимизирует критерий качества на модели при заданных ограничениях.

Решение задачи. Любая модель является приближенной и не будет точным описанием объекта исследований. Для работ, связанных с применением планирования эксперимента, характерно использование моделей, основанных на полиномиальном описании поведения сложных систем. Важное достоинство моделей данного вида заключается в том, что они облегчают процедуру улучшения аппроксимации, удобны при решении задач оптимизации, позволяют учитывать эффекты взаимодействия независимых переменных и дают возможность учитывать большое число факторов [3].

Систему уравнений, выражающую искомую модель, в общем виде можно представить следующим образом:

$$Y_i = A_i x_1^i + B_i x_2^i + C_i x_3^i + D_i x_1 x_2 + E_i x_1 x_3 + F_i x_2 x_3 + G_i x_1 + H_i x_2 + I_i x_3 + K_i, \quad (1)$$

где i – число результирующих признаков (при этом $i = 1 \div 9$);
 Y_i – значение теоретически рассчитанного результирующего признака;
 x_1, x_2, x_3 – значения независимых переменных, добавка, цемент и температура соответственно;
 $x_1 x_2, x_1 x_3, x_2 x_3$ – переменные, выявляющие эффекты взаимодействия факторов, характеризующие их совместное влияние;
 x_1^2, x_2^2, x_3^2 – квадраты значений независимых переменных;
 K, Z – свободные члены уравнения.

При расчете модели воспользуемся математическим аппаратом регрессионного анализа. В частности, предполагается, что результаты опытов должны представлять собой независимые нормально распределенные случайные величины с равными дисперсиями, что должно подтверждаться диаграммами, расположенными ниже (рис. 1). Расчеты были выполнены в статистическом пакете SPSS [1]. Однако только на основе графиков сделать однозначный вывод о нормальном распределении трудно (ниже представлены наиболее репрезентативные графики частотного распределения случайных величин). В связи с этим был проведен анализ указанных переменных для определения коэффициента асимметрии и эксцесса (табл. 1).

Если асимметрия значительно отличается от нуля, то гипотезу о том, что данные взяты из нормально распределенной генеральной совокупности, следует отвергнуть. Согласно полученным данным, только для четвертой и седьмой результирующей переменной необходимые условия выполняются.

Если коэффициент вариации значительно отличается от нуля, то гипотезу о том, что данные взяты из нормально распределенной генеральной совокупности, следует отвергнуть. В этом случае необходимые условия не соблюдаются. Поэтому для проверки на нормальное распределение для всех переменных были проведены тесты Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилкса.

Отклонение от нормального распределения считается существенным при значении $p < 0,05$ (вероятность ошибки), тогда для соответствующих переменных следует применять непараметрические тесты.

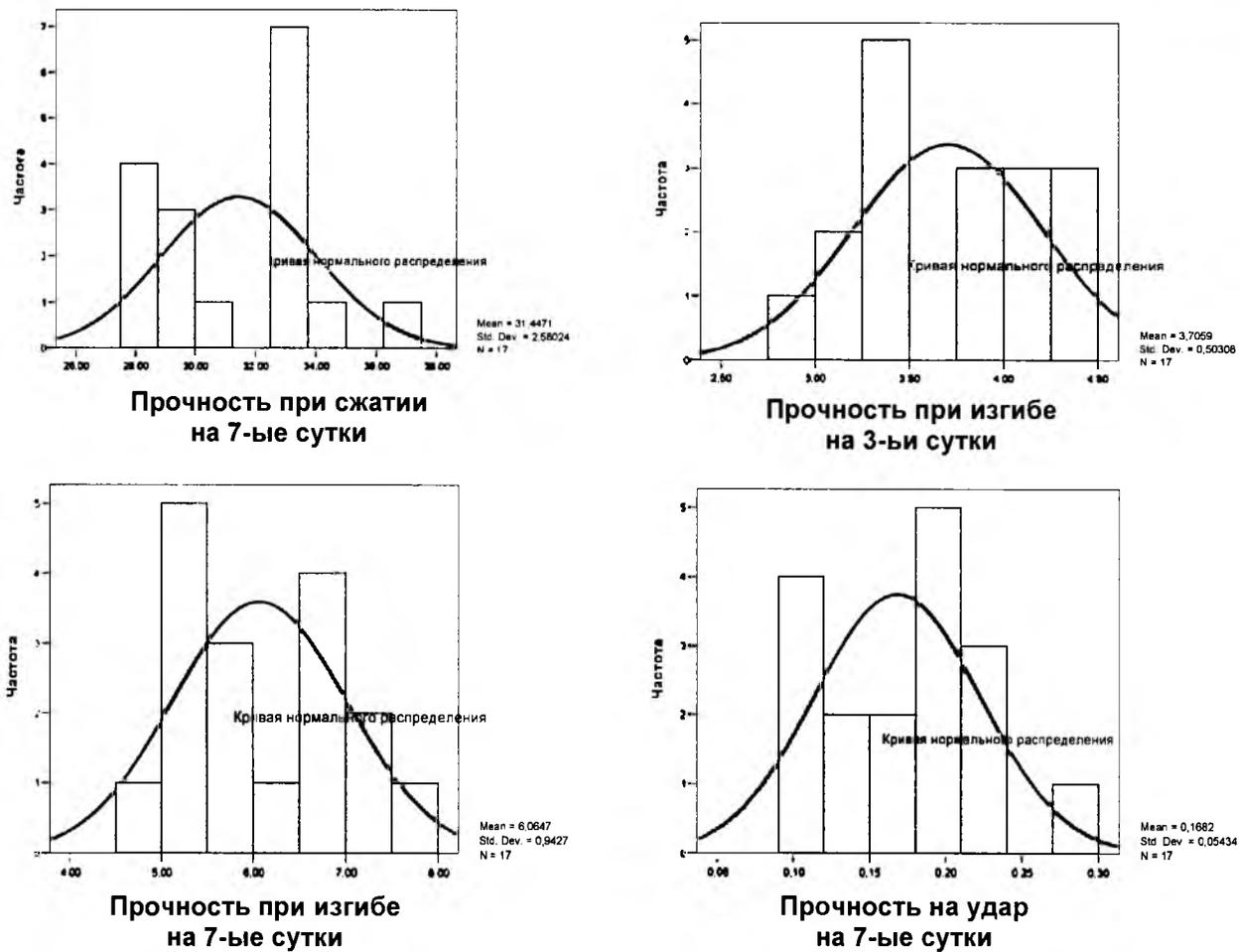


Рис. 1. Наиболее репрезентативные графики распределения случайных величин

Таблица 1

Тест на нормальное распределение

Наименование	Kolmogorov–Smirnov(a)			Shapiro–Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Прочность при сжатии на 3-ьи сутки	0,150	17	0,200*	0,942	17	0,346
Прочность при сжатии на 7-ые сутки	0,202	17	0,064	0,918	17	0,138
Прочность при сжатии на 28-ые сутки	0,260	17	0,003	0,861	17	0,016
Прочность при изгибе на 3-ьи сутки	0,199	17	0,072	0,943	17	0,355

Окончание табл. 1

Наименование	Kolmogorov–Smirnov(a)			Shapiro–Wilk		
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Прочность при изгибе на 7-ые сутки	0,160	17	0,200*	0,936	17	0,272
Прочность при изгибе на 28-ые сутки	0,201	17	0,065	0,912	17	0,110
Прочность на удар на 3-ьи сутки	0,176	17	0,168	0,922	17	0,161
Прочность на удар на 7-ые сутки	0,132	17	0,200*	0,957	17	0,567
Прочность на удар на 28-ые сутки	0,131	17	0,200*	0,951	17	0,468

* Это нижняя граница истинной значимости, коррекция значимости по Лиллифору.

Вероятность ошибки $p > 0,05$ во всех случаях, кроме третьей переменной, значит, что распределение остальных переменных можно считать нормальным. Проводился также тест Шапиро–Уилкса, давший схожие результаты. Результативный признак «прочность при сжатии на 28-ые сутки» пока не исключен из исследования, для него могут быть применены непараметрические тесты.

С целью проверки формы распределения для одной выборки проведен тест Колмогорова–Смирнова. Проверка показала, что переменные не соответствуют экспоненциальному распределению и распределению Пуассона, однако достаточно хорошо подчиняются нормальному распределению (для этого распределения вероятность ошибки является незначимой). Данные проверки приведены в табл. 1.

По диаграмме нормального распределения (диаграмма $Q-Q$) можно визуально определить, достаточно ли близко заданное распределение приближается к нормальному (рис. 2). Здесь каждое наблюдаемое значение сравнивается со значением, ожидаемым при нормальном распределении. При условии точного выполнения нормального распределения все точки лежат на прямой. Наблюдаемые значения откладываются по оси X , а ожидаемые – по оси Y , при этом все значения подвергаются стандартизации (z -преобразованию). В нашем примере наблюдаемые значения достаточно близки к прямой, но они недостаточны для того, чтобы сделать однозначный вывод (здесь и далее в статье приводятся только наиболее репрезентативные графики).

На диаграмме с исключенным трендом (рис. 3) отклонения наблюдаемых значений от ожидаемых при нормальном распределении представлены в зависимости от наблюдаемых значений. В случае нормального распределения все точки лежат на горизонтальной прямой, проходящей через ноль. Явное отклонение от прямой указывает на отличие распределения от нормального. На этой диаграмме все значения также подвергаются стандартизации (z -преобразованию).

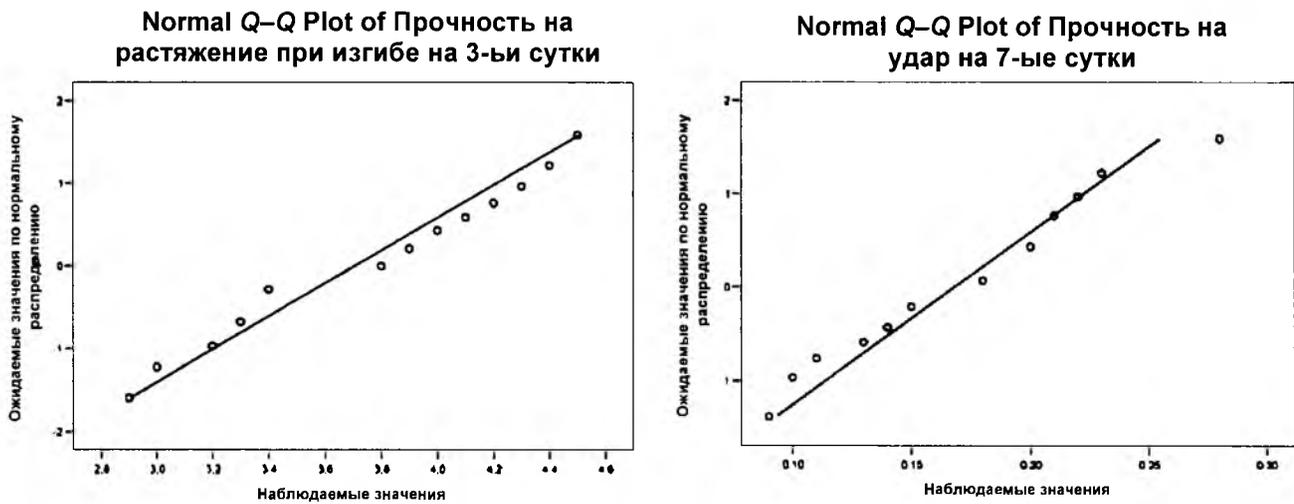


Рис. 2. Диаграммы нормального распределения (диаграмма Q-Q)

Диаграмма с исключенным трендом для «Прочности на растяжение при изгибе на 3-ьи сутки»

Диаграмма с исключенным трендом для «Прочности на удар на 7-ые сутки»

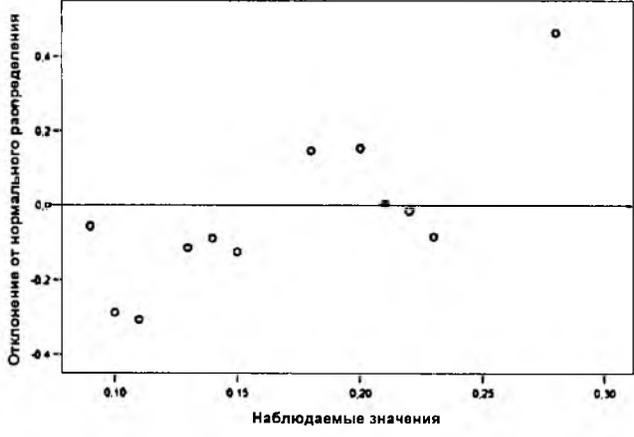
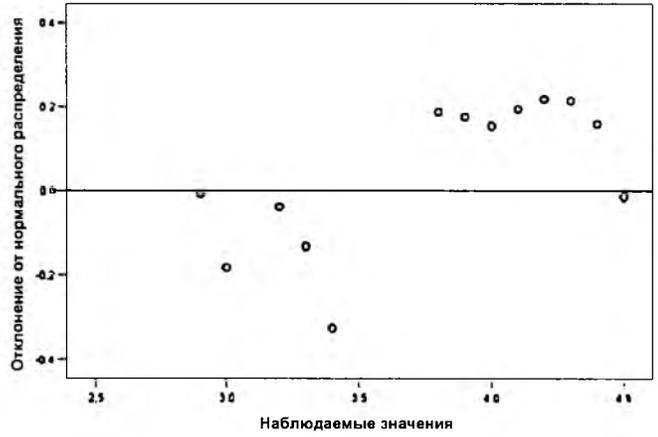


Рис. 3. Диаграммы с исключенным трендом

Далее представлены диаграммы с исключенным трендом, построенные по тем же данным, что и диаграммы нормального распределения. Анализируя ситуацию в целом, можно сказать, что выводы, полученные по результатам тестов, наглядно продемонстрированы на графиках.

Затем осуществлена проверка, значимо ли различаются группы наблюдений, образованные в соответствии со списком факторов, по дисперсиям зависимых переменных. В нашем примере необходимо выяснить, существуют ли значимые различия между величинами добавки по разбросу значения прочности (для всех девяти результирующих признаков).

Проведенный тест Левена показал, что уровень значимости по всем перечисленным переменным (допустимая вероятность ошибки) больше 0,05, следовательно, различие между данными группами незначимо. Таким образом, данные группы можно рассматривать как гомогенные (табл. 2).

Таблица 2

Тест на гомогенность дисперсий

Переменная		Статистика Левена	df_1	df_2	Значимость
Прочность при сжатии на 3-ьи сутки	На основе среднего	0,415	2	14	0,668
	На основе медианы	0,226	2	14	0,800
	На основе медианы с уточненным df	0,226	2	13,748	0,800
	На основе усеченного среднего	0,403	2	14	0,676
Прочность при сжатии на 7-ые сутки	На основе среднего	0,183	2	14	0,834
	На основе медианы	0,011	2	14	0,989
	На основе медианы с уточненным df	0,011	2	13,269	0,989
	На основе усеченного среднего	0,167	2	14	0,847
Прочность при сжатии на 28-ые сутки	На основе среднего	1,750	2	14	0,210
	На основе медианы	0,210	2	14	0,813
	На основе медианы с уточненным df	0,210	2	13,661	0,813
	На основе усеченного среднего	1,683	2	14	0,221
Прочность при изгибе на 3-ьи сутки	На основе среднего	1,947	2	14	0,180
	На основе медианы	0,560	2	14	0,584
	На основе медианы с уточненным df	0,560	2	12,756	0,585
	На основе усеченного среднего	1,837	2	14	0,196
Прочность при изгибе на 7-ые сутки	На основе среднего	0,616	2	14	0,554
	На основе медианы	0,259	2	14	0,775
	На основе медианы с уточненным df	0,259	2	12,639	0,776
	На основе усеченного среднего	0,621	2	14	0,551
Прочность при изгибе на 28-ые сутки	На основе среднего	2,220	2	14	0,145
	На основе медианы	0,518	2	14	0,607
	На основе медианы с уточненным df	0,518	2	10,848	0,610
	На основе усеченного среднего	2,125	2	14	0,156
Прочность на удар на 3-ьи сутки	На основе среднего	0,401	2	14	0,677
	На основе медианы	0,102	2	14	0,904
	На основе медианы с уточненным df	0,102	2	12,613	0,904
	На основе усеченного среднего	0,386	2	14	0,687

Окончание табл. 2

Переменная		Статистика Левена	df_1	df_2	Значи- мость
Прочность на удар на 7-ые сутки	На основе среднего	0,216	2	14	0,809
	На основе медианы	0,082	2	14	0,922
	На основе медианы с уточненным df	0,082	2	12,727	0,922
	На основе усеченного среднего	0,216	2	14	0,808
Прочность на удар на 28-ые сутки	На основе среднего	0,416	2	14	0,667
	На основе медианы	0,154	2	14	0,859
	На основе медианы с уточненным df	0,154	2	13,413	0,859
	На основе усеченного среднего	0,412	2	14	0,670

Особенностью решения многокритериальных задач является стремление найти возможность перехода от нескольких критериев к одному обобщенному технологическому критерию. Если при этом не удастся добиться успеха, то рассматривают вопрос о сокращении числа критериев до минимума, а затем решают компромиссные задачи – ведут поиск оптимума по одному критерию, принятому за основной, а для остальных – выбирают необходимые ограничения.

Основываясь на исходных данных, выведем компонент «температура» из разряда изменяющихся факторов, т.е. установим минимальное постоянное значение этого фактора, удовлетворяющее заданным ограничениям. Для каждого из указанных значений температуры (40°C , 60°C , 80°C) построим отдельную модель. Установление конкретного значения температуры позволяет сократить число критериев в формуле (1) до пяти.

Критерий внутри группы взаимосвязанных критериев выберем, принимая во внимание суммарное влияние каждого критерия группы на остальные, а также точность и трудоемкость оценки каждого критерия. Критерии должны быть случайными величинами с нормальным законом распределения, причем лучшими считаются критерии, которые имеют малую дисперсию воспроизводимости и больший коэффициент вариации. Для отдельного критерия дисперсию воспроизводимости сравним с дисперсией его изменения в опытах с помощью критерия Фишера. Чем больше величина критерия Фишера, найденная расчетным путем, отличается от его табличного значения, тем выше чувствительность рассматриваемого критерия к изменению факторов по сравнению с чувствительностью к ошибке эксперимента. В SPSS были рассчитаны основные статистические характеристики критериев модели (табл. 3).

Данные о коэффициенте вариации и асимметрии, приведенные в табл. 3, позволяют однозначно включить в модель переменные¹ «добавка» и «цемент». Кроме частотных характеристик для каждого критерия в SPSS были построены диаграммы нормального распределения и графики с исключенным трендом, но они также не позволили сделать вывод о том, какие критерии однозначно не принадлежат нормальному распределению. По результатам теста Колмогорова–Смирнова на нормальное распределение только по трем критериям уровень

¹Для проверки на нормальное распределение были применены следующие правила: если асимметрия значительно отличается от нуля, то гипотезу о том, что данные взяты из нормально распределенной генеральной совокупности, следует отвергнуть; если коэффициент вариации значительно отличается от нуля, то гипотезу о том, что данные взяты из нормально распределенной генеральной совокупности, следует отвергнуть.

значимости превышает 0,05: для переменных «добавка» (переменная 1), «цемент» (переменная 2) и «добавка и цемент»² (табл. 4).

Таблица 3

Статистические характеристики критериев модели

Наименование характеристики		Переменная 1	Переменная 2	Добавка в квадрате	Цемент в квадрате	Добавка и цемент вместе
N	Valid	17	17	17	17	17
–	Missing	0	0	0	0	0
Среднее значение		0,7500	600,00	0,709559	373235,29	450,0000
Стандартная ошибка		0,09587	28,761	0,1470588	34624,273	62,76598
Медиана		0,7500	600,00	0,562500	360000,00	450,0000
Мода		0,75	600	0,5625	360000	450,00
Стандартное отклонение		0,39528	118,585	0,6063391	142759,535	258,79076
Дисперсия		0,156	14062,50 0	0,368	203802849 26,471	66972,656
Коэффициент асимметрии		0,000	0,000	0,548	0,219	0,497
Стандартная ошибка коэффициента асимметрии		0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Вариация		-1,326	-1,326	-1,281	-1,319	-0,302
Стандартная ошибка коэффициента вариации		1,063	1,063	1,063	1,063	1,063
Размах		1,00	300	1,5000	360000	825,00
Minimum		0,25	450	0,0625	202500	112,50
Maximum		1,25	750	1,5625	562500	937,50
Sum		12,75	10200	12,0625	6345000	7650,00

² Последняя переменная является расчетной величиной, характеризующей совместное влияние двух факторов на результативный признак.

Таблица 4

Тест на нормальное распределение

Наименование ха- рактеристики	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Переменная 1	0,206	17	0,054	0,817	17	0,003
Переменная 2	0,206	17	0,054	0,817	17	0,003
Добавка в квадрате	0,302	17	0,000	0,781	17	0,001
Цемент в квадрате	0,243	17	0,009	0,812	17	0,003
Добавка и цемент вместе	0,155	17	0,200*	0,913	17	0,111

* Это нижнее значение истинной значимости после корректировки Лиллифора.

Таблица 5

Объясненная суммарная дисперсия

Компоненты	Первичные собственные значения			Извлеченные суммы квадратов нагрузок			Повернутые суммы квадратов нагрузок		
	Сум- ма	Про- цент дис- персии, %	Сово- купный процент, %	Сум- ма	Про- цент дис- персии, %	Сово- купный процент, %	Сум- ма	Про- цент дис- персии, %	Сово- купный про- цент, %
1	2,948	58,953	58,953	2,948*	58,953*	58,953*	2,852	57,041	57,041
2	1,992	39,831	98,783	1,992*	39,831*	98,783*	2,087	41,742	98,783
3	0,044	0,873	99,656	–	–	–	–	–	–
4	0,015	0,298	99,955	–	–	–	–	–	–
5	0,002	0,045	100,000	–	–	–	–	–	–

* Метод отбора – анализ главных компонент.

Был проведен факторный анализ (табл. 5), в ходе которого поставлена задача выделить три основных фактора, так как ввиду малого объема выборки необходимо дополнительное обоснование выбираемым критериям для модели. Первым трем критериям соответствуют компоненты, отобранные по результатам теста Колмогорова–Смирнова.

При постановке задачи можно рассматривать только эти компоненты и исключить остальные, так как последние при проведении эксперимента не позволят получить дополнительную информацию об объекте исследований. Исходя из этих соображений, в качестве критериев оптимизации выбраны три: «добавка», «цемент», «добавка и цемент», так как их можно оценивать с максимальной статистической эффективностью. Кроме того, всегда же-

лательно, чтобы критерии оптимизации имели физический смысл. Это решение подтверждается результатами проведенного корреляционного анализа (табл. 6).

Таблица 6

Correlation Matrix

Наименование характеристики	Переменная 1	Переменная 2	Добавка и цемент вместе	Цемент в квадрате	Добавка в квадрате
Переменная 1	1,000	0,000	0,916	0,000	0,978
Переменная 2	0,000	1,000	0,344	0,997	0,000
Добавка и цемент вместе	0,916	0,344	1,000	0,343	0,896
Цемент в квадрате	0,000	0,997	0,343	1,000	0,009
Добавка в квадрате	0,978	0,000	0,896	0,009	1,000

Таким образом, при отсеивании квадратов показателей было принято решение в экспериментальной работе учитывать только три показателя вместо пяти. С учетом наличия свободного члена уравнения критерии модели сократились с десяти [формула (1)] до четырех. При этом формула (1) приняла вид

$$Y_i = D_i x_1 x_2 + x_1 (40F_i + G_i) + x_2 (40E_i + 40H_i) + (40I_i + K_i), \quad (2)$$

Переобозначим коэффициенты при показателях и запишем формулу в следующем виде:

$$Y_i = a_i x_1 + b_i x_2 + c_i x_1 x_2 + d_i, \quad (3)$$

Формула (3) представляет собой общую модель регрессии для всех девяти результативных переменных. Задача нахождения параметров каждой из девяти моделей решается методом наименьших квадратов.

4. Рассмотрим сначала общую модель для всех результирующих переменных. Находим сумму квадратов разностей теоретических значений прочности, рассчитанных в соответствии с формулой (3), и опытных значений:

$$\varepsilon(a, b, c, d) = \sum_{i=1}^n (p(x_{1i}, x_{2i}, x_{1i} \cdot x_{2i}, a, b, c, d) - y_i)^2. \quad (4)$$

Необходимо подобрать a, b, c, d так, чтобы $\varepsilon(a, b, c, d) \rightarrow \min$, иначе говоря, необходимо найти частные производные функции (4) и приравнять их к нулю.

После несложных преобразований мы получим систему уравнений следующего вида:

$$\begin{cases} \frac{\partial \varepsilon}{\partial d} = a \sum_{i=1}^n x_{1i} + b \sum_{i=1}^n x_{2i} + c \sum_{i=1}^n x_{1i} \cdot x_{2i} + nd = \sum_{i=1}^n y_i \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial c} = a \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 x_{2i} + b \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i}^2 + c \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 x_{2i}^2 + d \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} = \sum_{i=1}^n y_i x_{1i} x_{2i} \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial b} = a \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + b \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 + c \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i}^2 + d \sum_{i=1}^n x_{2i} = \sum_{i=1}^n x_{2i} y_i \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial a} = a \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + b \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{1i} + c \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 x_{2i} + d \sum_{i=1}^n x_{1i} = \sum_{i=1}^n x_{1i} y_i \end{cases}, \quad (5)$$

где в качестве y будем понимать f_i .

После подстановки известных значений показателей преобразуем систему (5) для Y_1 :

$$\begin{cases} 12,75a + 10200b + 7650c + 17d = 329,3 \\ 7237,5a + 4758750b + 4514063c + 7650d = 152617,5 \\ 7650a + 6345000b + 4758750c + 10200d = 200130 \\ 12,0625a + 7650b + 7237,5c + 12,75d = 250,825. \end{cases}$$

Решение системы найдем с помощью ЭТ Excel по методу Крамера:

Главный определитель	43031249999,99
Определитель 1	-542193749999,96
Определитель 2	3370781250
Определитель 3	2008125000
Определитель 4	5815926562499,92

Тогда коэффициенты a , b , c , d примут такие значения:

a	b	c	d
-1,2600	0,0078	0,0047	13,5156

Уравнение регрессии (3) примет следующий вид:

$$y_1 = -1,26x_1 + 0,0078x_2 + 0,0047x_1x_2 + 13,5156. \quad (6)$$

Решим задачу оптимального соотношения факторов в уравнении. Основываясь на исходных данных, можно образовать систему уравнений, добавив к выражению (6) уравнение взаимосвязи факторов X_1 и X_2 , т.е. $X_1 + X_2 = 100$, или суммарная доля этих двух факторов составляет 100 %.

Система

$$\begin{cases} 20 = -1,26x_1 + 0,0078x_2 + 0,0047x_1x_2 + 13,5156 \\ \bar{O}X_1 + \bar{O}X_2 = 100 \end{cases} \quad (7)$$

или

$$\begin{cases} 0 = -0,0047x_2^2 + 1,7378x_2 - 132,4844 \\ \bar{O}X_1 = 100 - \bar{O}X_2 \end{cases} \quad (8)$$

не имеет решения, следовательно, задача оптимизации при таких условиях решения не имеет.

Величина, являющаяся разностью опытного и теоретического результативного признака $(y - \hat{y}_x)$ для каждого опыта, представляет собой ошибку аппроксимации функции, связывающей изгиб или сжатие с составом изделия. В данном случае число таких опытов равно 17. Для оценки каждого опыта используются не сами разности, а абсолютные значения разностей опытного и теоретического результативных признаков, отнесенные к опытному признаку и выраженные в процентах, т.е.

$$A_i = |(y_i - \hat{y}_{xi}) / y_i| \cdot 100 \%. \quad (9)$$

Оценка качества всей функции регрессии может быть осуществлена как средняя ошибка аппроксимации – средняя арифметическая A_i :

$$A = (A_1 + A_2 + \dots + A_{17}) / 17. \quad (10)$$

Найдем величину средней ошибки аппроксимации линейной функции связи между y_1 и составом

$$A = 116,406\% / 17 = 6,85\%. \quad (11)$$

Величина ошибки аппроксимации находится в допустимых пределах.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_2 :

$$y_2 = 0,96x_1 + 0,011x_2 + 0,0007x_1x_2 + 23,4871. \quad (12)$$

Средняя ошибка аппроксимации линейной функции составит $A = 4,96\%$. Для этого значения прочности решена задача оптимизации состава. При доле цемента 88,765 % и доле добавки 11,234 % от общего состава достигается эталонная прочность при сжатии на 7-ые сутки, равная 30 МПа.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_3 :

$$y_3 = -4,54x_1 + 0,01228x_2 + 0,011x_1x_2 + 44,67912. \quad (13)$$

Следовательно, $A = 4,36\%$.

Задача оптимизации состава не имеет решения.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_4 :

$$y_4 = -0,62x_1 + 0,001733x_2 + 0,001333x_1x_2 + 2,5308. \quad (14)$$

Следовательно, $A = 8,26\%$.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_5 :

$$y_5 = -0,94x_1 + 0,001608x_2 + 0,002833x_1x_2 + 4,5297. \quad (15)$$

Следовательно, $A = 10,2\%$.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_6 :

$$y_6 = -2,62x_1 + 0,001658x_2 + 0,0065x_1x_2 + 8,40. \quad (16)$$

Следовательно, $A = 9,7\%$.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_7 :

$$y_7 = -0,01x_1 + 0,000123x_2 + 0,00005x_1x_2 + 0,0144. \quad (17)$$

Следовательно, $A = 20,43\%$.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_8 :

$$y_8 = -0,006x_1 + 0,000184x_2 + 0,00008x_1x_2 + 0,0247. \quad (18)$$

Следовательно, $A = 21,98\%$.

Аналогично найдем уравнение регрессии для y_9 :

$$y_9 = -0,046x_1 + 0,000263x_2 + 0,0002x_1x_2 + 0,074. \quad (19)$$

Следовательно, $A = 21,53\%$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для выборки в 17 значений величина средней ошибки аппроксимации находится в допустимых пределах, полученные уравнения регрессии адекватны, и, следовательно, их можно использовать при подборе состава высокопрочного бетона в дальнейших экспериментальных исследованиях.

2. Полученные уравнения регрессии позволяют на начальном этапе значительно сузить область, в которой будут проводиться дальнейшие исследования по синтезу высокопрочного бетона, а именно область определения его рационального состава, а также уменьшить количество дальнейших экспериментов.

Список используемых источников

1. *Бююль А., Цёфель П.* SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. – М.-СПб.-Киев, 2005. – 603 с.
2. Руководство по подбору составов тяжелого бетона / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1979. – 104 с.
3. *Сеньченков В.И.* Статистические методы обработки экспериментальных данных. – СПб.: ГУАП, 2006. – 244 с.

С.В. Логунов;
Р.В. Катюха;
С.В. Чистяков,
кандидат технических наук

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ЧАСТНОГО ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО КАТАЛОГА ОПОРНЫХ ЗВЕЗД В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ПРИЕМНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

Описан алгоритм перевода звездных величин из астрономических каталогов, выполненных в разных фотометрических системах, в систему кривой реакции типичного прибора с зарядовой связью (ПЗС). Представлены примеры уравнений трансформации.

Ключевые слова: оптико-электронное средство, космический объект, астрономический каталог, звездная величина, опорная звезда, фотометрическая система, матрица ПЗС.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений модернизации оптико-электронных средств (ОЭС) является повышение их основных тактико-технических характеристик (ТТХ). Комплекс мероприятий, научно-технических и инженерных решений позволяет вывести ОЭС на новый уровень действия по полному перечню функциональных задач, в том числе за счет повышения проникающей способности. В ходе проводимой модернизации произошел переход от приемников излучения на базе фотоэлектронных умножителей и передающих телевизионных трубок (ПТТ) с мультищелочными катодами к приемникам на основе матриц ПЗС. Увеличение проникающей способности позволяет обнаруживать в поле зрения (ПЗ) ОЭС большее количество космических объектов (КО), и поэтому в настоящее время многое зависит от первичной обработки измерений усовершенствованным специальным программным обеспечением средств.

Повсеместный переход к использованию лишь абсолютного метода определения угловых координат КО (отказ от использования грубого по точности относительного метода измерения) потребовал сбора статистики по опорным звездам, попадающим в ПЗ ОЭС, и создания новых рабочих каталогов звезд с точностью менее 0,01".

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Определение блеска искусственных КО проводится методами астрофотометрии. Отклик астрофотометра при наведении на КО необходимо сравнить с откликом при наведении на опорные звезды с известной звездной величиной. Звездная величина опорной звезды, так же, как и величина искусственного объекта, зависит от спектральной чувствительности применяемого приемника излучения.

Современные приемники излучения по сравнению с фотоумножителями и ПТТ, широко применявшимися во второй половине XX века, имеют существенно иные кривые спектральной чувствительности, продленные в красную и инфракрасную области. Поэтому для каждого приемника, характеризуемого своей кривой реакции, требуется составить специальный каталог опорных звезд, в котором звездные величины будут переведены в фотометрическую систему применяемого приемника. В этом случае при составлении специальных каталогов должна быть решена задача вычисления величин звезд в заранее заданной спектральной полосе.

Если для звезды (объекта) известна спектральная плотность энергетического потока излучения в подходящем спектральном диапазоне, то такая задача не представляет сложности. В действительности же, распределение энергии в спектре известно только для 2–3 тысяч ярких звезд. Этого явно недостаточно для составления специальных каталогов.

При составлении специального каталога звездных величин в широкополосной фотометрической системе, соответствующей спектральной чувствительности некоторого приемника излучения, обычно речь идет о кривой реакции одной из разновидностей приемников на основе кремниевых ПЗС-матриц. Проведение астрономических наблюдений необходимых звезд конкретным приемником является трудным и долгим способом, а в некоторых случаях, когда, например, требуется провести наблюдения вне атмосферы Земли, он вообще неосуществим практически.

Предлагаемый алгоритм позволяет произвести математический расчет звездных величин в системе заданного приемника на основе величин звезд в других фотометрических полосах, содержащихся в имеющихся каталогах фотометрических характеристик звезд.

Принципиально существуют два метода решения: метод эмпирической формулы (метод общих звезд) и метод синтетической фотометрии.

Метод эмпирической формулы (метод общих звезд) применяется, если в двух многоцветных фотометрических системах произведено достаточно много измерений общих звезд и для них получены звездные величины и показатели цвета. Тогда, если m_i^A – звездные величины общих звезд в полосе i первой (A) фотометрической системы, а m_i^B – звездные величины тех же звезд в аналогичной полосе второй (B) многоцветной фотометрической системы и если, кроме того, во второй системе известны один или несколько показателей цвета

$$C_{i-j}^B, C_{i-k}^B, \dots, C_{i-n}^B,$$

то для каждой общей звезды можно составить эмпирическое уравнение вида

$$m_i^A = f(m_i^B, C_{i-j}^B, C_{i-k}^B, \dots, C_{i-n}^B). \quad (1)$$

Здесь $j, k \dots n$ – номера полос многоцветной системы, не совпадающих с полосой i . Совокупность уравнений вида (1) составляет систему, которую можно решить одним из численных методов.

Функция f обычно ищется в виде полинома по степеням показателей цвета. Современное программное обеспечение ЭВМ позволяет быстро и уверенно находить численное решение подобных уравнений.

Метод синтетической фотометрии используется тогда, когда в распоряжении нет достаточного количества общих звезд, уже измеренных в двух сравниваемых фотометрических системах. В этом случае редукция осуществляется расчетным путем по формуле

$$m_*^S = m_* - 2.5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{A_0}(\lambda) R(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_*(\lambda) R(\lambda) d\lambda} + 2.5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{A_0}(\lambda) R_S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_*(\lambda) R_S(\lambda) d\lambda}, \quad (2)$$

где $R_S(\lambda)$ – кривая реакции фотометрической системы специального каталога;

$R(\lambda)$ – кривая реакции фотометрической системы каталога, в котором содержатся величины искомым звезд;

$E_*(\lambda)$ – распределение энергии в спектре звезды, величину которой нужно перевести в систему специального каталога;

$E_{A_0}(\lambda)$ – распределение энергии в спектре типичной звезды спектрального типа $A_0 V$;

m_* – измеренная величина звезды в спектральной полосе с кривой реакции $R(\lambda)$;

m_*^S – искомая звездная величина редуцируемой звезды в системе приемника специального каталога; эту величину далее будем обозначать через M .

В общем случае приходится комбинировать оба рассмотренных способа.

ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Пусть требуется получить звездные величины и показатели цвета для некоторого списка звезд в фотометрической системе, определяемой кривой реакции, обозначенной нами R_M и показанной на рис. 1.

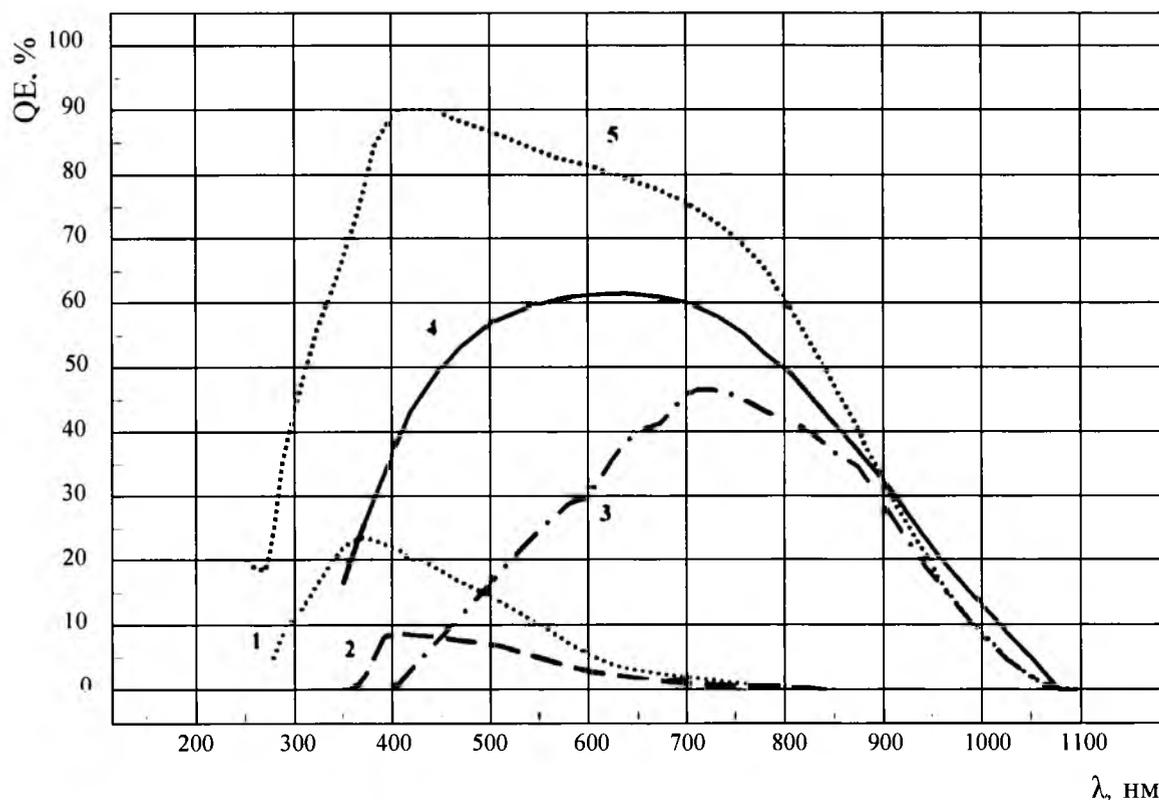


Рис. 1. Кривые квантовой эффективности для мультищелочного фотокаатода и матриц ПЗС:

1 – мультищелочной катод $SbNa_2K$ с адсорбированным слоем цезия на поверхности; 2 – тот же фотокаатод и стеклянная оптика, пропускающая в максимуме 50 % излучения; 3 – ПЗС-матрица с прямой засветкой; 4 – ПЗС-матрица с обратной засветкой без дополнительного просветления; 5 – ПЗС-матрица с обратной засветкой и широкополосным просветлением

Выберем кривую, соответствующую реакции типичной кремниевой матрицы ПЗС с прямой засветкой. 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 нуля-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

Название каталога и ссылка	Спектральные полосы, интервалы длин волн
Пулковский спектрофотометрический каталог (ПСК) [11]	320–1080 нм
Next Generation Spectrophotometric Library (NGSL) [9]	295–1020,5 нм
Hipparcos, Tycho-1, Tycho-2 [9]	H_p, B_T, V_T
Тянь-Шаньский WBVR каталог ГАИШ [2]	W, B, V, R
Двухмикронный каталог 2MASS [3]	J, H, K
13-цветная фотометрия Джонсона и Митчелла (Аризонский каталог) [6]	«33», «35», «37», «40», «45», «52», «58», «63», «72», «80», «86», «99», «110»
13-цветная фотометрия Шустера [8]	«33», «35», «37», «40», «45», «52», «58», «63», «72», «80», «86», «99», «110»
Cousins A.W.J., 1980, SAAO Circ. 1, 166 VRI Photometry of Southern Stars [4] 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 спектральные плотности энергетической освещенности (СПЭО) звезд на верхней границе земной атмосферы, так и покрасненные 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 следующим образом. 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 версии 5, реализующий метод Левенберга–Маркардта [1]. Программа, встроенная в этот пакет, позволяет найти коэффициенты модели и определить их значимость. После каждого очередного цикла решения член полинома 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 и для Тянь-Шаньского каталога и для Аризонского каталога соответственно:

$$M - V = a_M + b_M(V - R) + c_M(V - R)^2 + f_M(W - B) + g_M(W - B)^2 + k_M(B - V);$$

$$a_M = -0.008466; b_M = -0.564208; c_M = -0.200755; f_M = -0.012227; \quad (3)$$

$$g_M = 0,000129; k_M = 0,014983; \sigma_M = 0,013;$$

$$M - m_{80} = a_M + b_M(m_{52-80}) + c_M(m_{52-80})^2 + d_M(m_{52-80})^3 + e_M(m_{52-80})^4 +$$

$$\begin{aligned}
 &+ f_M(m_{40-52}) + g_M(m_{45-52}) + h_M(m_{52-58}) + k_M(m_{52-63}); \\
 a_M = &-0,006922; b_M = 0,660533; c_M = -0,105767; d_M = 0,017736; \\
 e_M = &-0,002623; f_M = -0,031265; g_M = -0,048694; h_M = -0,178177; \\
 k_M = &-0,048835; \sigma_M = 0,010.
 \end{aligned} \tag{4}$$

После коэффициентов полинома везде приведено среднеквадратичное отклонение σ_M разности в левой части уравнений и значений полинома. По формулам (3) и (4) 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 из двух каталогов в Аризонской системе 1176 звезд совпадают с каталогами Кузинса [4], выполненными в системе VRI. По этим общим звездам были выведены два уравнения связи (5а) и (5б):

$$\begin{aligned}
 I - M = &a_M + b_M(V - R) + c_M(V - I) + d_M(V - R)^2 + e_M(V - I)^2 + f_M(V - R)(V - I) + \\
 &+ g_M(V - R)^3 + h_M(V - I)^3 + k_M(V - R)^2(V - I) + m_M(V - R)(V - I)^2; \\
 a_M = &0,008995; b_M = 0,194800; c_M = -0,693607; d_M = 5,715883; \\
 e_M = &1,123864; f_M = -4,949730; g_M = -16,060051; h_M = 1,066961; \\
 k_M = &19,578116; m_M = -7,887788; \sigma_M = 0,032
 \end{aligned} \tag{5a}$$

и

$$\begin{aligned}
 I - M = &b_0 + b_1(V - I) + b_2(V - I)^2 + b_3(V - I)^3 + b_4(V - I)^4 + b_5(V - I)^5; \\
 b_0 = &0,005982; b_1 = -0,589130; b_2 = 0,169026; b_3 = -0,072776; \\
 b_4 = &0,020774; b_5 = -0,002008; \sigma_M = 0,006.
 \end{aligned} \tag{5б}$$

По формулам (5а) и (5б) 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 некоторых 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:

$$\begin{aligned}
 H_p - M = &a_M + c_M(H_p - K) + e_M(H_p - K)^2 + f_M(H_p - J)(H_p - K) + g_M(H_p - J)^3 + \\
 &+ k_M(H_p - J)^2(H_p - K) + m_M(H_p - J)(H_p - K)^2; \\
 a_M = &0,020928; c_M = 0,260251; e_M = -0,046874; f_M = 0,063221; \\
 g_M = &0,120737; k_M = -0,180916; m_M = 0,069066; \sigma_M = 0,059;
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 H_p - M = &a_M + c_M(V_T - K) + g_M(V_T - J)^3 + h_M(V_T - K)^3 + k_M(V_T - J)^2(V_T - K) + \\
 &+ m_M(V_T - J)(V_T - K)^2; \\
 a_M = &0,023981; c_M = 0,271802; g_M = 0,218452; h_M = -0,106527; \\
 k_M = &-0,500604; m_M = 0,394637; \sigma_M = 0,061;
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 V_T - M = &a_M + c_M(V_T - K) + e_M(V_T - K)^2 + f_M(V_T - J)(V_T - K) + g_M(V_T - J)^3 + \\
 &+ h_M(V_T - K)^3 + m_M(V_T - J)(V_T - K)^2; \\
 a_M = &0,014273; c_M = 0,213074; e_M = -0,081844; f_M = 0,134022; \\
 g_M = &0,070899; h_M = 0,069892; m_M = -0,133016; \sigma_M = 0,066;
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 H_p - M = &a_M + c_M(H_p - K) + d_M(B_T - V_T) + f_M(H_p - K)^2 + \\
 &+ h_M(H_p - J)(H_p - K) + i_M(H_p - J)(B_T - V_T) + j_M(H_p - K)(B_T - V_T) + \\
 &+ l_M(H_p - K)^3 + m_M(B_T - V_T)^3 + n_M(H_p - J)^2(H_p - K) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ q_M(Hp - J)(Hp - K)^2 + r_M(Hp - K)^2(B_T - V_T) + t_M(Hp - K)(B_T - V_T)^2; \\
 &a_M = 0,022901; c_M = 0,149818; d_M = 0,293373; f_M = -0,166878; \\
 &h_M = 0,245424; i_M = -0,360658; j_M = 0,206721; l_M = 0,097634; \\
 &m_M = 0,354421; n_M = 0,217305; q_M = -0,332274; r_M = 0,219401; \\
 &t_M = -0,490655; \sigma_M = 0,055;
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 V_T - M = &a_M + b_M(V_T - J) + d_M(B_T - V_T) + e_M(V_T - J)^2 + i_M(V_T - J)(B_T - V_T) + \\
 &+ k_M(V_T - J)^3 + l_M(V_T - K)^3 + m_M(B_T - V_T)^3 + n_M(V_T - J)^2(V_T - K) + \\
 &+ p_M(V_T - J)^2(B_T - V_T) + q_M(V_T - J)(V_T - K)^2 + r_M(V_T - K)^2(B_T - V_T) + \\
 &+ s_M(V_T - J)(B_T - V_T)^2 + u_M(V_T - J)(V_T - K)(B_T - V_T)^2; \\
 &a_M = 0,024109; b_M = 0,140972; d_M = 0,423305; e_M = 0,081748; \\
 &i_M = -0,178412; k_M = -0,707426; l_M = 0,092368; m_M = 0,226876; \\
 &n_M = 1,161300; p_M = 1,184797; q_M = -0,621184; r_M = 0,554993; \\
 &s_M = -0,398521; u_M = -1,449957; \sigma_M = 0,056.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все рассмотренные каталоги, кроме 2MASS, не содержат звезд слабее 12^m . Поэтому в тех случаях, когда необходимо оценить величины более слабых объектов, приходится пользоваться одним двухмикронным каталогом. В этом случае нет возможности воспользоваться спектрофотометрическими каталогами, полученными 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.

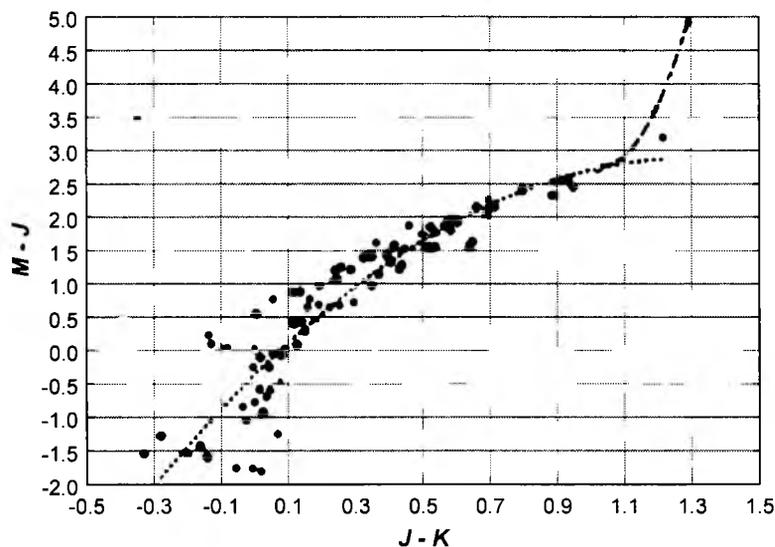


Рис. 2. Связь между показателями цвета $(M - J)$ и $(J - K)$

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:

$$M - J = -0,255991 + 3,698858 \cdot (J - K) - 1,211117 \cdot (J - K)^2 \text{ при } (J - K) \leq 1,05; \sigma_M = 0,35189$$

и

$$M - J = 29,163013 - 53,236168 \cdot (J - K) + 26,327277 \cdot (J - K)^2 \text{ при } (J - K) > 1,05; \sigma_M = 0,21637.$$

Приведенные формулы позволяют оценивать величины звезд, входящих в каталоги, перечисленные в табл. 1, в фотометрической системе типичной кремниевой матрицы ПЗС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рассмотрены методы редукций звездных величин из одной фотометрической системы в другую. Предложен алгоритм пересчета спектрального блеска опорных звезд, входящих в рабочие каталоги оптических средств наблюдения, в полосу спектральной чувствительности заданного современного фотоприемного устройства 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.M. Cutri, M.F. Skrutskie, S. Van Dyk and other // University of Massachusetts and Infrared Processing and Analysis Center. – 2003.
4. Cousins A.W.J. // South Africa Astron Observ. Circ. – 1980. – № 1. – P. 166–168.
5. Cousins A.W.J. // South Africa Astron Observ. Circ. – 1980. – № 1. – P. 234–256.
6. Johnson H.L., Mitchell R.I. // Rev. Mex. Astron. Astrof. – 1975. – № 1. – P. 299.
7. Pickles A.J. Stellar Spectral Flux Library: 1150–25000 Å // Publ. Astron. Soc. Pac. – 1998. – P. 110.
8. Schuster W.J. // Rev. Mex. Astron. Astrof. – 1976. – № 1. – P. 327.
9. The Hipparcos and Tycho Catalogues. ESA Publication SP-1200. – 1997. – Vol. 1–17.
10. The PIST / STIS Next Generation Spectral Library / M.D. 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.

А.И. Лоскутов,
доктор технических наук;
А.С. Дуников;
И.А. Рыжов

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОИСКА ГРАНИЦ ДВОИЧНЫХ СИМВОЛОВ ГРУППОВОГО ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА

В статье проанализированы причины искажения и потери телеметрической информации при передаче группового сигнала по радиоканалу. В целях обеспечения надежной и достоверной передачи результатов телеизмерений предлагается повысить помехоустойчивость работы системы символьной синхронизации. Для решения задачи по поиску границ двоичных символов группового телеметрического сигнала применен биспектральный анализ. Приведены результаты моделирования процесса поиска границ двоичных символов группового телеметрического сигнала с использованием биспектрального анализа.

Ключевые слова: мгновенный спектр, биспектральный анализ, групповой телеметрический сигнал, символьная синхронизация, потери телеметрической информации.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 5 февраля 2010 года № 146 «О Военной доктрине Российской Федерации» одними из основных задач развития военной организации являются:

- совершенствование системы противовоздушной обороны и создание системы воздушно-космической обороны Российской Федерации;
- совершенствование системы информационного обеспечения Вооруженных сил и других войск [6].

Решение данных задач в полной мере возложено на созданные 1 декабря 2012 года Войска воздушно-космической обороны. В целях решения этих задач осуществляются развертывание и поддержание в стратегической космической зоне орбитальных группировок космических аппаратов.

Эффективность вывода космических аппаратов на орбиту напрямую связана с качеством проведения испытаний объектов ракетно-космической техники на этапах их разработки и подготовки к запуску. Большое значение при испытаниях ракетно-космической техники, а также при их управлении и в процессе решения целевых задач имеет телеметрическая информация. Сложность современных ракетносителей и космических аппаратов приводит к необходимости контроля большого числа параметров, характеризующих состояние и режимы работы отдельных систем и блоков. Вместе с этим в процессе совершенствования ракетно-космической техники к радиотелеметрическим системам предъявляются все более высокие требования по надежности и достоверности получения данных.

Основными причинами, влияющими на снижение надежности получения достоверных данных телеизмерений, являются потеря и искажение телеметрической информации вследствие ошибок и сбоев в радиоканале передачи данных. Поэтому одним из главных направлений развития радиотелеметрических систем является разработка методов передачи и приема телеметрической информации, позволяющих обеспечить требуемую достоверность данных о состоянии бортовой аппаратуры объектов ракетно-космической техники при передаче информации по радиоканалу.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СИМВОЛЬНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ В ЦИФРОВЫХ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Анализ процессов передачи и приема телеметрической информации по радиоканалу показал, что важным элементом, влияющим на качество приема информации, является процесс синхронизации – установление временного соответствия между процессами в совместно функционирующих передающей и приемной частях радиотелеметрической системы [4].

По результатам отчетов о качестве работы радиотелеметрических средств, составляемых в соответствии с «Положением о системе информации при проведении испытаний и пусков ракет космического назначения», выявлено, что суммарные потери телеметрической информации, которую регистрирует наземная приемная аппаратура, задействованная в сеансе измерений, составляют в среднем 7%.

В ходе проведенного анализа определены причины искажения и потерь телеметрической информации, к которым относятся:

- искажения, вызванные вибрациями корпуса при разделении ступеней ракеты космического назначения;
- искажения, вызванные изменением режимов работы бортовой аппаратуры;
- искажения, вызванные сбоем синхронизации в приемно-регистрирующей аппаратуре вследствие воздействия помех;
- искажения, вызванные шумами радиоканала.

Основными причинами искажения и потерь телеметрической информации являются искажения, вызванные шумами радиоканала, которые составляют около 4% от всего объема информации, а также искажения, вызванные сбоем синхронизации в приемно-регистрирующей аппаратуре вследствие воздействия помех, составляющие 1% от всего объема зарегистрированной телеметрической информации.

Таким образом, одним из способов обеспечения достоверной передачи результатов телеизмерений является повышение помехоустойчивости работы системы синхронизации. Современные бортовые информационно-телеметрические системы передают информацию в двоичном коде. При этом большое влияние на работу системы синхронизации радиотелеметрических средств оказывает символьная синхронизация. Существующие наземные приемно-регистрирующие станции телеметрической информации в контуре символьной синхронизации решают задачи не только поиска границ, но и демодуляции принятых двоичных символов. Следовательно, разработка помехоустойчивого метода символьной синхронизации позволит снизить процент искажений телеметрической информации, вызванных сбоем синхронизации и шумами радиоканала.

Направлением по повышению помехоустойчивости синхронизации цифровых систем передачи данных является селекция сигнала, которая базируется на различии полезного сигнала и помехи [2]. В современных и перспективных бортовых информационно-телеметрических системах при передаче телеметрической информации используются цифровые способы модуляции КИМ₂-ЧМ и КИМ₂-ФМ с π -манипуляцией. В соответствии с этим передача двоичных символов телеметрических сообщений осуществляется манипуляциями частоты и фазы несущего колебания. Следовательно, методы селекции полезного сигнала от помехи должны опираться на особенности изменения частоты и фазы цифрового сигнала. Аппаратом, способным реализовать селекцию сигнала, является цифровая обработка сигналов. Цифровая обработка сигналов обладает достаточным множеством эффективных методов, такими, как гармонический анализ, спектральный анализ, преобразования Фурье и Гильберта, вейвлет-анализ и многие другие. Использование алгоритмов цифровой обработки сигналов позволит перенести выполнение процесса символьной синхронизации из временной области в частотно-временную область, обработка сигнала в которой является перспективным направлением развития не только систем синхронизации, но и всей радиоэлектроники в целом.

ГРАНИЦА ДВОИЧНОГО СИМВОЛА ГРУППОВОГО ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ БИСПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ

Для решения задачи по поиску границ двоичных символов группового телеметрического сигнала среди различных алгоритмов цифровой обработки сигналов, описанных в работах [1, 3 и 5] целесообразно применить биспектральный анализ, который в настоящее время находит широкое применение при восстановлении радиолокационных изображений, решении задач технической и медицинской диагностики. Биспектральный анализ по сравнению с другими методами спектрального оценивания имеет ряд преимуществ [1]:

- сохраняется комплексный Фурье спектр сигнала;
- корреляционная функция третьего порядка гауссовского шума стремится к нулю, что позволяет использовать биспектральный анализ при отношениях сигнал/шум, не превышающих единицу;
- биспектр инвариантен к смещению исходного сигнала.

Биспектральный анализ основан на использовании корреляционных функций третьего порядка.

Сигналы с модуляциями КИМ₂-ЧМ и КИМ₂-ФМ с π -манипуляцией описываются следующими формулами [4]:

$$s(t) = A_0 \cos(2\pi f_m t + \varphi_0); \quad (1)$$

$$s(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_m + \varphi_0). \quad (2)$$

где f_m , φ_m – значения частоты и фазы манипуляции двоичного символа группового телеметрического сигнала.

На основании свойств биспектрального анализа и в соответствии с законами изменения рассматриваемых сигналов выдвигается гипотеза о наличии в биспектре границ двоичных символов группового телеметрического сигнала перехода фаз в области несущей частоты.

В результате передачи группового телеметрического сигнала передается набор двоичных символов $S = \{s^{(1)}, s^{(2)}, \dots, s^{(n)}\}$, искаженных шумами. Для поиска границ двоичных символов необходимо связать между собой временную и частотную область представления сигнала. При этом применяют понятие мгновенного спектра [7]. Простейшее определение мгновенного спектра может быть дано в следующем виде:

$$S_{\tau}(\omega, \tau) = \int_{t_0}^t s(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau, \quad (3)$$

где $s(\tau)$ – фрагмент анализируемого сигнала в интервале времени от t_0 до t ;

ω – угловая частота;

τ – длительность анализируемого фрагмента сигнала.

То есть мгновенный спектр определен как спектр отрезка процесса длительностью τ . Согласно данному определению применяется «скользящее» интегрирование: интервал интегрирования имеет постоянную длину, но перемещается по оси времени.

Групповой телеметрический сигнал на входе системы синхронизации является дискретной последовательностью $\{s^{(n)}(i)\}$ из $i=0, 1, 2, \dots, I-1$ отсчетов в виде набора $n=1, 2, \dots, L$ независимых реализаций $s^{(n)}(i)$, представляющих собой отдельные символы информационных сообщений. Подстройка генератора импульсов символьной синхронизации основывается на моментах перехода символов с «0» на «1» и с «1» на «0». Данные моменты в частотной области характеризуются перепадами частоты и фазы несущего колебания. Следовательно, необходимо определить перепады частоты и фазы сигнала в частотной области. В этих целях производится расчет биспектра на границе перехода информационных символов по следующему алгоритму.

1. Расчет мгновенного спектра на границе двоичных символов по выражению (3), где τ соответствует реализации группового телеметрического сигнала $s = \{s^{(1)}(i-1), s^{(2)}(0)\}$. Иными словами, в анализ взят дискретный отсчет второго информационного символа противоположного номинала.

2. Формирование оценки биспектральной плотности на основе значений мгновенного спектра осуществляется в соответствии с формулой

$$B_s(\omega) = S_\tau(\omega) S_\tau(\omega) S_\tau^*(\omega). \quad (4)$$

3. В результате расчета по формуле (4) формируется биспектр каждой реализации группового телеметрического сигнала:

$$B_s(\omega) = |B_s(\omega)| e^{j\gamma_s(\omega)}. \quad (5)$$

где $B_s(\omega)$ и $\gamma_s(\omega)$ – амплитудный и фазовый биспектры анализируемой реализации соответственно.

На основе оценок $B_s(\omega)$ и $\gamma_s(\omega)$ принимается решение о границе информационного символа и подстройке генератора импульсов символьной частоты.

Для оценки возможности применения биспектрального анализа при определении границ информационных символов построен биспектр от участка реализации $s = \{s^{(1)}(i-1), s^{(2)}(0)\}$ в среде моделирования Matlab, где $s^{(1)}$ и $s^{(2)}$ соответствуют символам «0» и «1». Результаты моделирования представлены на рис. 1 и 2.

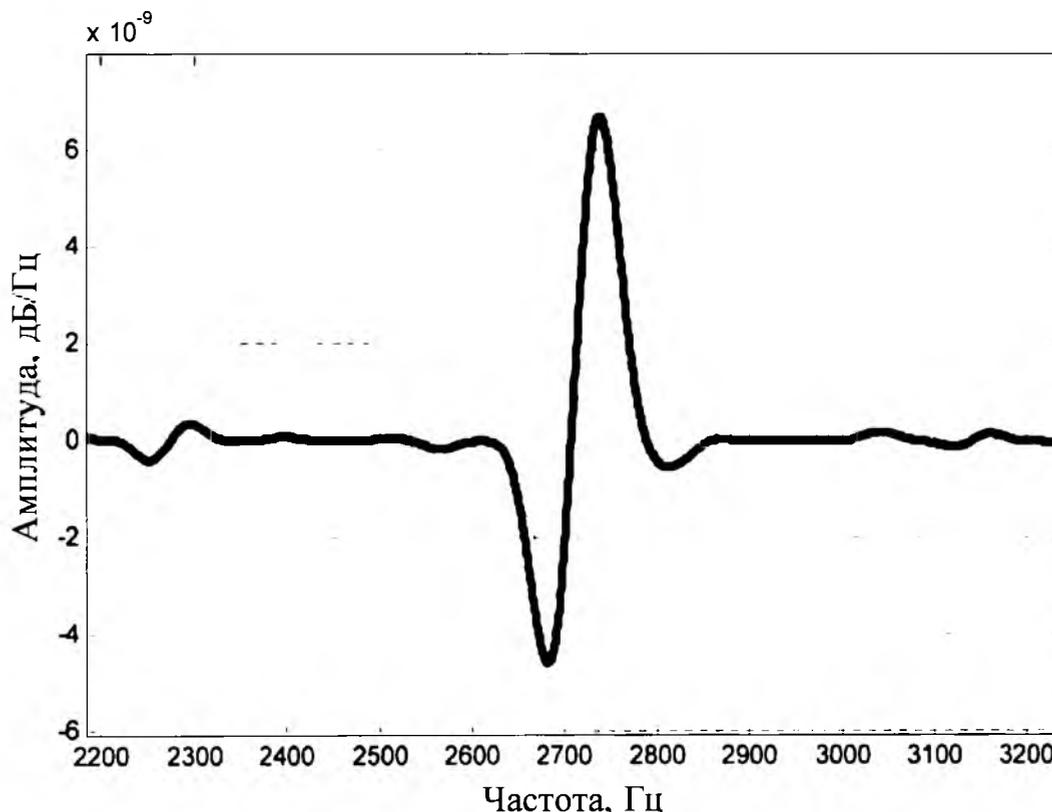


Рис. 1. Граница двоичных символов группового телеметрического сигнала с модуляцией КИМ₂-ФМ с π -манипуляцией при биспектральном анализе

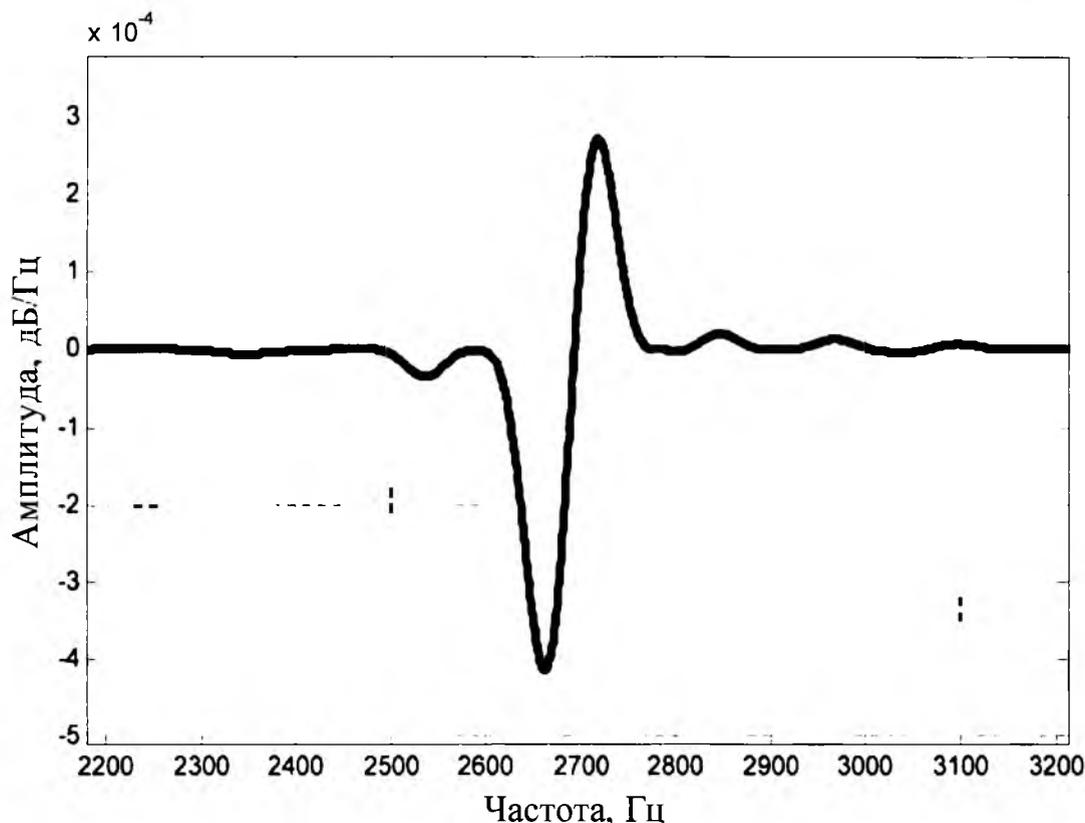


Рис. 2. Граница двоичных символов группового телеметрического сигнала с модуляцией КИМ₂-ЧМ при биспектральном анализе

Полученные при моделировании графики показывают, что для сигналов с модуляциями КИМ₂-ФМ с π -манипуляцией и КИМ₂-ЧМ биспектр на границе двоичных символов группового телеметрического сигнала имеет переход фазы в области несущей частоты.

Таким образом, подтверждается выдвинутая гипотеза о возможности применения биспектрального анализа для создания систем символьной синхронизации радиотелеметрических средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка новых методов символьной синхронизации продиктована требованиями повышения надежности и достоверности получения результатов телеизмерений. Подходы к построению систем синхронизации наземных приемно-регистрирующих станций телеметрической информации остаются неизменными на протяжении 50 лет. Вместе с тем совершенствование программируемых логических интегральных схем позволяет на требуемом уровне выполнять задачи цифровой фильтрации, демодуляции и декодирования сигналов с частотной и фазовой модуляциями, ортогональных преобразований в частотной области. Применение программируемых логических интегральных схем дает возможность реализовать принципиально новые алгоритмы синхронизации, многие из которых в свое время были забыты или отложены ввиду невозможности реализации на электронной компонентной базе прошлых поколений. Поэтому создание систем символьной синхронизации, работающих в частотно-временной области, является перспективным направлением развития радиотелеметрических систем, призванным решить вопросы повышения помехоустойчивости приема телеметрической информации. Применение биспектрального анализа позволяет в дальнейшем

реализовать метод символьной синхронизации в частотно-временной области, основанный на выделении перехода фазы сигнала в области несущей частоты.

Список используемых источников

1. *Басараб М.А., Волосюк В.К.* Цифровая обработка сигналов и изображений: монография / под ред. В.Ф. Кравченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 544 с.
2. *Корниенко А.А., Мальцев Г.Н., Штанько С.В.* Информационная безопасность управления КА: учебное пособие. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2007. – 200 с.
3. *Сергиенко А.Б.* Цифровая обработка сигналов: учебное пособие. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.
4. Современная телеметрия в теории и на практике: учебный курс / А.В. Назаров, Г.И. Козырев, И.В. Шитов и др. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 667 с.
5. *Солонина А., Улахович Д., Яковлев Л.* Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 464 с.
6. Указ Президента Российской Федерации от 5 февраля 2010 года № 146. О Военной доктрине Российской Федерации // Российская газета. – 2010. – № 5106. – С. 24–30.
7. *Харкевич А.А.* Спектры и анализ. – 4-е изд. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 236 с.

И.Н. Некрасов;
С.Н. Буяков,
кандидат технических наук;
А.С. Глуханов,
кандидат технических наук

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ОБЪЕКТОВ СТАРТОВОЙ ПОЗИЦИИ

Обоснована актуальность разработки методического аппарата диагностирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха сооружений ближней зоны эвакуации стартовой позиции ракетно-космического комплекса. Предложены обоснование и метод формирования диагностического теста на основе логических моделей с целью определения технического состояния систем вентиляции и кондиционирования воздуха пристартовых командных пунктов.

Ключевые слова: диагностирование, отказ, логическая модель, таблица состояний, система вентиляции и кондиционирования воздуха.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшая роль, которую играет ракетно-космический комплекс (РКК) в структуре Войск воздушно-космической обороны (ВКО), определяет высокие требования к боевой устойчивости и согласованности процессов функционирования всех систем данного комплекса. Отказ одной из них создает предпосылки к срыву выполнения задач по запуску ракет космического назначения (РКН) или управлению космическими аппаратами (КА).

Успешное выполнение боевых задач по запуску и управлению космическими аппаратами требует поддержания и совершенствования наземной инфраструктуры космодромов и комплексов управления. Состояние систем жизнеобеспечения наземных комплексов (НК), в частности, систем вентиляции и кондиционирования воздуха, вызывает еще более серьезную озабоченность, чем состояние основного оборудования. Высочайшие требования к надежности функционирования предъявляются к системам вентиляции и кондиционирования воздуха помещений и сооружений второй зоны эвакуации стартовой позиции, где от работы данных систем зависят как успешное выполнение задач по предназначению, так и жизнь и здоровье личного состава боевого расчета запуска РКН (во второй зоне эвакуации стартового комплекса ракет-носителей, в зависимости от класса подготавливаемых изделий, находятся от трех до шести заглубленных сооружений, предназначенных для размещения личного состава боевого расчета). К ним также относится пристартовый командный пункт. В целом, на момент запуска общая численность размещаемого в них личного состава может достигать до 200 человек.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТА

Следует иметь в виду, что сроки эксплуатации большей части оборудования, используемого в качестве функциональных элементов (ФЭ) систем вентиляции и кондиционирования воздуха (СВ и КВ), превышают гарантийные. По этой причине возникают отказы, которые ведут к нарушениям режимов вентиляции в сооружениях и являются недопустимыми.

В настоящее время осуществляется активное внедрение гибких стратегий технического обслуживания. Для реализации данного перехода необходимо повышение уровня информационного обеспечения. Наиболее остро стоит проблема определения фактического технического состояния.

Переход к гибким стратегиям технического обслуживания предусматривает варьирование по срокам и объемам профилактических работ, в зависимости от фактического технического состояния (ТС) оборудования.

Альтернативой гибким стратегиям технического обслуживания является применение системы расширенного технического обслуживания, которая базируется на гибких стратегиях, кроме того, предусматривается выполнение и определенных ремонтных работ в войсковых условиях. Внедрение системы войскового ремонта позволяет отказаться от ряда услуг предприятий промышленности, а следовательно, снизить стоимость ремонтных работ, исключить затраты времени и ресурсов на транспортировку оборудования. Таким образом, повышается и готовность СВ и КВ к применению.

Но реализация указанных мероприятий связана с необходимостью решения ряда вопросов организационного и научно-технического характера. Одно из центральных мест занимает проблема получения необходимой информации о техническом состоянии оборудования СВ и КВ. В связи с тем, что наибольшие затраты времени и средств при существующей системе эксплуатации связаны с определением технического состояния, эффективность выполнения перечисленных задач при переходе к гибкой стратегии технического обслуживания в решающей степени будет зависеть от выбранной концепции определения технического состояния СВ и КВ, уровня математического и программного обеспечения, закладываемого в систему анализа ТС.

Современные методы контроля и технического диагностирования охватывают самые различные направления в рассматриваемой предметной области [2]. Поэтому данные методы могут использоваться в качестве основы при разработке методического аппарата анализа технического состояния СВ и КВ. Для того чтобы определить возможности известных результатов и обосновать проблематику исследований, необходимо выяснить, в какой мере в этих результатах учитываются особенности структуры и применения СВ и КВ объектов зоны эвакуации стартовой позиции ракетно-космического комплекса (СП РКК), существенные для анализа его ТС. Перечислим основные из этих особенностей.

1. Разнообразии физических принципов, заложенных в основу построения и функционирования СВ и КВ.

2. Преобладание объектов с вращательным или возвратно-поступательным движением инерционных масс (вентиляционные и насосные агрегаты, запорно-регулирующая арматура).

3. Сложное переплетение в объектах отдельных узлов как в структурном, так и в функциональном отношении.

4. Наличие режимов применения, характеризующихся повышенной нагрузкой на основное оборудование СВ и КВ. Аномальное понижение температуры окружающего воздуха также влечет за собой напряженный режим функционирования.

5. Жесткие временные и ресурсные ограничения на выработку решений и высокая цена принятия неправильного решения.

6. Снижение уровня функциональной пригодности СВ и КВ на значительной части объектов в силу ряда причин объективного и субъективного характера.

С учетом этих особенностей необходимо сформулировать следующие требования при разработке модели анализа ТС СВ и КВ.

1. Результаты контроля и диагностирования не должны зависеть от формы представления (точечной или интервальной) компонентов входных и выходных процессов и их физической природы.

2. Принятие решения о ТС не должно быть связано с изменениями в структуре проверяемых систем.

3. Число контрольных точек на объектах СВ и КВ должно быть минимальным.

4. Определение ТС должно осуществляться с любой заданной глубиной контроля и диагностирования.

5. Достоверность определения ТС должна быть не ниже заданной при минимально возможных затратах времени и ресурсов.

6. Контроль работоспособности в процессе применения объекта по назначению необходимо производить в реальном масштабе времени с целью исключения эффекта «размножения» отказов из-за несвоевременного установления отклонения от нормальной работы.

7. Принятие решений должно уточняться на основе дополнительной диагностической информации, поступающей в процессе эксплуатации объекта, т.е. процедуры анализа технического состояния СВ и КВ должны быть адаптивными.

Достаточно высокой степенью универсальности по отношению к входным и выходным процессам объектов обладают функционально-логические модели контроля и диагностирования [1]. Их построение основано на замене реальных функциональных элементов объекта абстрактными элементами, каждый из которых может иметь любое число входов и единственный выход, причем выходы отдельных элементов не могут быть объединены, что равносильно предположению об отсутствии в объекте резервирующих элементов. В рамках данного метода предполагается, что каждый ФЭ может находиться в одном из двух неизвестных состояний – работоспособном и неработоспособном. Считается, что работоспособный ФЭ всегда отвечает допустимой реакцией на допустимое воздействие. Предполагается также, что для каждого ФЭ известны допустимые значения компонентов входных и выходных сигналов, причем если выходной сигнал некоторого элемента является входным для другого элемента, допустимые значения компонентов этих сигналов совпадают. Всякая проверка, выполняемая в рамках данной модели, может иметь два исхода.

Информация о техническом состоянии СВ и КВ поступает с выходов блоков ее логической модели. Фактическое значение выходного параметра блока зависит от того, исправен он или нет. На рис. 1 представлена принципиальная схема СВ и КВ пристартового командного пункта.

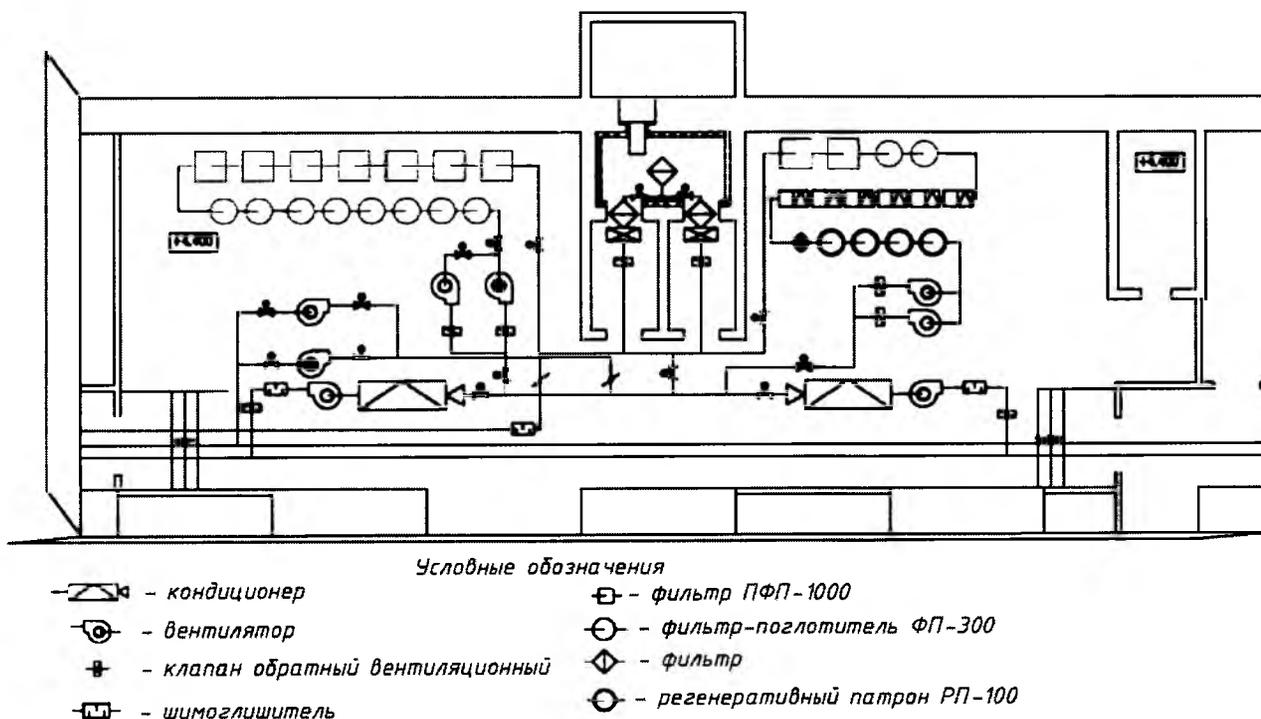


Рис. 1. Принципиальная схема системы вентиляции пристартового командного пункта

Информация поступает в результате проверки функциональной пригодности объектов [4]. Функциональная пригодность оборудования данных систем определяется совокупностью свойств, оценивание которых производится на основе экспериментальных исследований, ре-

ализуемых в рамках эксплуатационно-технического контроля. В составе указанных мероприятий выделяется контроль работоспособности. При осуществлении контроля проверяется соответствие объекта заданным эксплуатационно-техническим требованиям.

В процессе получения информации о техническом состоянии СВ и КВ их необходимо разделить на некоторое число элементов, количество которых зависит от ее структуры. Назовем данные компоненты структуры блоками. Каждый блок характеризуется входными воздействиями $\dot{U}_{<w>}$, состоянием $X_{<h>}$, выходными реакциями $Y_{<v>}$, множеством Q наименований видов технических состояний [5].

При контроле работоспособности и диагностировании множество Q включает в себя работоспособное состояние и множество всех видов технического состояния.

Данная система спроектирована с учетом возможности поддержания в помещениях пристартового командного пункта (ПКП) режимов чистой вентиляции, фильтровентиляции и полной изоляции. На рис. 2 представлена логическая модель СВ и КВ, функционирующих в режимах чистой вентиляции.

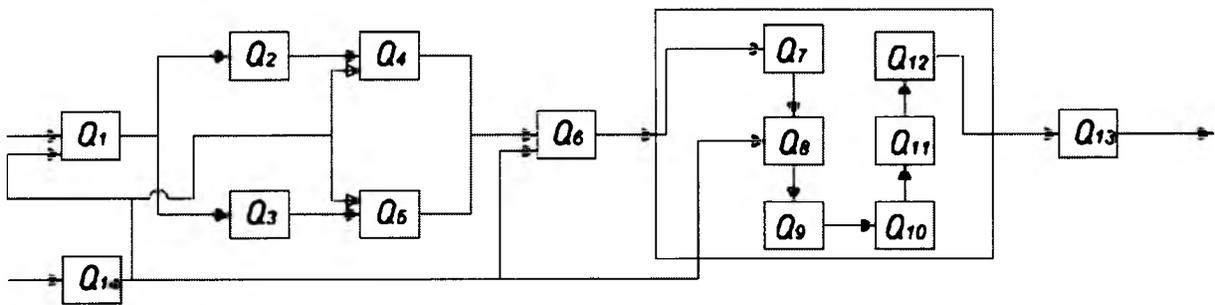


Рис. 2. Логическая модель СВ и КВ, функционирующей в режиме чистой вентиляции

Если принять проверку за реакцию одного из блоков при подаче на модель всех допустимых внешних воздействий, то можно построить так называемую таблицу функций неисправностей или таблицу состояний (число строк в ней соответствует числу состояний СВ и КВ, а число столбцов – числу проверок). Она представляет собой упорядоченную логическую модель. Пример таблицы состояний, разработанной для логической модели СВ и КВ ПКП, функционирующей в режиме чистой вентиляции, изображен на рис. 3.

	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	π_{10}	π_{11}	π_{12}	π_{13}	π_{14}	π_{15}	π_{16}	π_{17}
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_7	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_{10}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
S_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
S_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
S_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
S_{14}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
S_{15}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
S_{16}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
S_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Таблица состояний, построенная на основании логической модели

По одной и той же таблице состояний при заданном разбиении множества всех видов технического состояния можно построить, в общем случае, несколько полных избыточных совокупностей. Эти совокупности могут различаться как по составу, так и по числу входя-

щих в них элементарных проверок. Полные, избыточные совокупности с наименьшим числом элементарных проверок называются минимальными. Результаты любой элементарной проверки могут быть использованы как признаки разбиения множества технических состояний объекта на классы. Любой алгоритм диагностирования можно представить некоторым ориентированным графом [3]. На рис. 4 показан алгоритм диагностирования СВ и КВ в виде дерева.

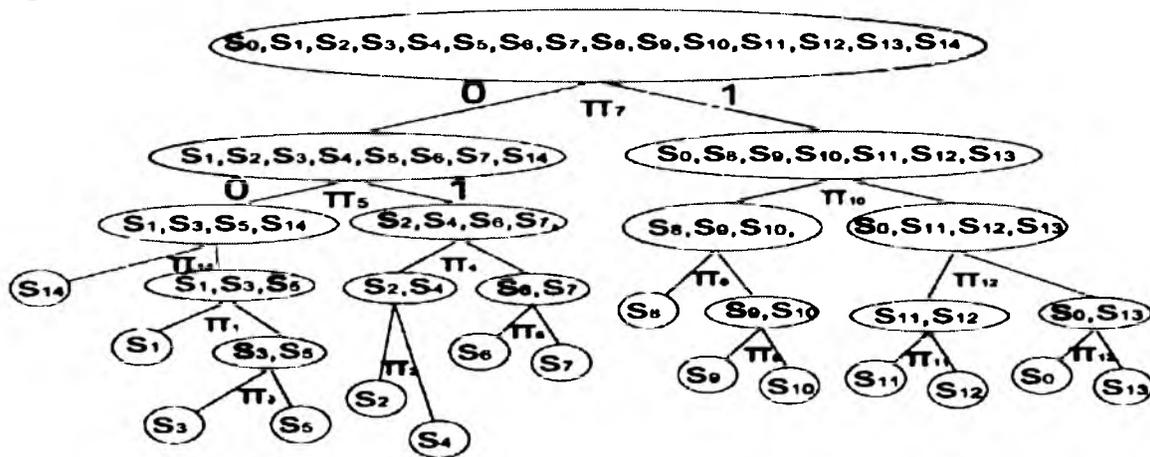


Рис. 4. Алгоритм диагностирования СВ и КВ ПКП в виде дерева

Так как СВ и КВ ПКП многоэлементна и ее структура меняется в зависимости от режимов вентиляции в данном сооружении, то количество проверок оказывается очень большим. Возникает необходимость нахождения минимизированного теста.

Список используемых источников

1. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974. – 464 с.
2. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
3. Вельских В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию. – М.: Россельхозиздат, 1906. – 339 с.
4. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. - М: Госстандарт СССР, 1989. – 16 с.
5. Калинин В.Н., Резников Б.А., Варакин Е.И. Теория систем оптимального управления. – МО СССР, 1987. –Ч.2: Понятия, модели, методы и алгоритмы оптимального выбора. –589 с.

Н.Е. Пешехонов,

кандидат технических наук, доцент;

В.А. Булат,

доктор технических наук, профессор;

В.В. Рыбаков,

кандидат технических наук

МЕТОДИКА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЙСК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

В статье рассматривается возможный подход к выбору рационального состава резервных источников электроснабжения для специальных объектов Войск ВКО. В качестве критериев выбора рационального состава ДЭС предлагается использовать обобщенный коэффициент полезного действия (к.п.д.) и обобщенный ресурс ДЭС.

Ключевые слова: дизельная электростанция, дизель-генераторный агрегат, удельный расход топлива, коэффициент полезного действия, ресурс, «удельная энергонасыщенность», степень деградации двигателя, многокритериальная оптимизация, показатель эффективности.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевая роль в решении задач воздушно-космической обороны государства сегодня отводится Войскам воздушно-космической обороны (ВКО). Войска ВКО – принципиально новый род войск, который предназначен для обеспечения безопасности России в воздушно-космической сфере. Комплексы и системы Войск ВКО решают задачи общегосударственного стратегического масштаба не только в интересах Вооруженных сил России и других силовых структур, но и большинства министерств и ведомств, экономики, социальной сферы. Использование космического пространства и возможностей космических систем во всем мире оценивается как один из важнейших факторов политической, военной и экономической безопасности государства.

Неотъемлемой составной частью боеготовности специальных объектов Войск ВКО, располагающих сложной и многообразной боевой техникой, является надежность функционирования технологических и технических систем, обеспечивающих выполнение частями и подразделениями стоящих перед ними задач по предназначению.

В комплексе технологического оборудования, обеспечивающего поддержание высокой боеготовности специальных объектов и выполнение поставленных задач, важное место занимают системы электроснабжения (СЭС), от надежной работы которых зависят надежность, непрерывность и устойчивость боевого функционирования. Следует особо подчеркнуть возросшую функциональную взаимосвязь СЭС с другими техническими и технологическими системами в процессе выполнения задач по предназначению. Отказы в работе СЭС могут привести к нарушению функционирования других систем, что в условиях выполнения задач по предназначению недопустимо. При создании систем электроснабжения для поддержания требуемого уровня надежности, обеспечения бесперебойного электроснабжения специальных объектов Войск ВКО в случае выхода из строя или нарушений в государственной энергосистеме важную роль играют системы резервного электроснабжения.

В качестве резервных источников электроснабжения широко используются на специальных объектах дизельные электростанции (ДЭС). Это объясняется их достоинствами, основными из которых являются:

– минимальные удельные объемы дизель-генераторных агрегатов вследствие компактности, малых удельных масс основного оборудования и сравнительно небольших удельных расходов топлива;

- высокая топливная экономичность, даже при небольшой агрегатной мощности;
- приспособленность к автономной работе, т. е. возможность длительного использования при значительном отрыве от баз снабжения;
- постоянная готовность к пуску и приему нагрузки;
- быстрота монтажа оборудования и ввода ДЭС в работу;
- возможность дальнейшего совершенствования оборудования и ДЭС в целом (например, более глубокая комплексная утилизация отбросной теплоты).

В состав ДЭС могут входить дизель-генераторные агрегаты (ДГА) с различными техническими характеристиками. В данной статье представлена методика выбора типа и количества ДГА в составе ДЭС по экономическим показателям, таким, как удельный расход топлива и ресурс до капитального ремонта.

Показатель удельного расхода топлива важен и как экономический, и как дающий представление о возможности длительной автономной работы без дозаправки. Ресурс как суммарная наработка двигателя от начала его эксплуатации или возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние является не только важнейшей характеристикой двигателя, определяющей его долговечность, но и решающим экономическим фактором. Выполненные исследования по стоимости эксплуатации дизелей показывают, что в зависимости от назначения и типа двигателей затраты на обслуживание в течение срока эксплуатации до списания превышают первоначальную стоимость двигателя в 5–7 раз. В суммарных затратах на двигатель значительную долю составляют расходы на выполнение переборок и ремонтов с учетом стоимости запасных частей. Относительные затраты на ремонт и запасные части – в пределах 20–32 % от суммарных затрат на эксплуатацию и первоначальную стоимость. Тенденции увеличения агрегатных мощностей энергетических установок, применение принципиально новых приборов автоматизации и систем диагностики повышают роль этапа эксплуатации в затратах на создание и использование ДЭС.

В качестве критериев выбора рационального состава ДЭС предлагается использовать обобщенный коэффициент полезного действия (к.п.д.) и обобщенный ресурс ДЭС.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ АГРЕГАТОВ В СОСТАВЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В настоящее время одним из более эффективных путей увеличения к.п.д. ДГА является правильный подбор типа ДГА в зависимости от условий (режимов) эксплуатации. Максимальный к.п.д. ДГА может быть достигнут при его работе с нагрузками 80–90 % от номинальной. При этом заводами-изготовителями не рекомендуется длительная работа ДГА с нагрузками менее 25 % от номинальной.

Коэффициент полезного действия – это характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии. Определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному системой.

Все показатели, характеризующие работу, передаваемую двигателем потребителю (т. е. работу на выходном фланце коленчатого вала), называют эффективными показателями. К ним относятся эффективный к.п.д. (η_e) и эффективный расход топлива (b_e).

Эффективный к.п.д. двигателя учитывает и тепловые потери рабочего цикла, и механические потери двигателя; он является основным показателем экономичности работы двигателя.

Эффективным к.п.д. называется отношение эффективной работы к низшей теплотворности топлива, израсходованного на совершение этой работы:

$$\eta_e = \frac{3600}{Q_n \cdot b_e},$$

где b_e — удельный эффективный расход топлива, кг/кВт·ч;

Q_n — низшая теплотворность топлива, кДж/кг.

Основной величиной, которой принято характеризовать экономичность двигателя, является удельный эффективный расход топлива, который определяется соотношением

$$b_e = \frac{B_n}{N_e} \left[\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} \text{ или } \frac{\text{кг}}{\text{эл.с.} \cdot \text{ч}} \right],$$

где B_n — часовой расход топлива, кг/ч;

N_e — эффективная мощность, кВт (или эл.с.).

Значения η_e и b_e на номинальном режиме для дизелей лежат в пределах: $\eta_e = 0,3 \div 0,48$, $b_e = 180 \div 280$ г/кВт·ч.

Завод-производитель дизельных электростанций в эксплуатационной документации представляет данные по эффективному расходу топлива на холостом ходу, при 50, 75 и 100 % загрузки. Точность инженерных расчетов принимается не менее 5 %, на основании чего при получении уравнений зависимостей к.п.д. от нагрузки необходимо применять полином второго порядка. При использовании данных зависимостей представляется возможным определить к.п.д. работы ДГА на любом режиме графика нагрузок при проведении работ на специальных объектах.

Выражение для определения среднего значения к.п.д. работы дизель-генераторных агрегатов в составе ДЭС за весь период проведения специальных работ имеет вид

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{\sum_{k=1}^m \eta_k \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k},$$

где η_k — значение к.п.д. ДГА, задействованных на k -м участке графика нагрузки;

t_k — длительность k -го участка графика нагрузки, ч;

m — количество участков графика нагрузки.

При этом на k -м участке графика нагрузки при задействовании двух и более ДГА к.п.д. определяется из выражения

$$\eta_k = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \cdot P_{ni}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}},$$

где η_i — значение к.п.д. ДГА i -го типа, задействованного на k -м участке графика нагрузки;

P_{ni} — номинальная мощность генератора ДГА i -го типа, кВт;

n — количество типов ДГА, работающих на k -м участке графика нагрузки.

Таким образом, получены основные выражения, которые позволяют определить к.п.д. совместно работающих ДГА в составе ДЭС, используемых в качестве источника электроэнергии на время проведения специальных работ на объектах Войск ВКО.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО РЕСУРСА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ АГРЕГАТОВ В СОСТАВЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Ресурс как суммарная наработка двигателя от начала его эксплуатации или возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние является не только важнейшей характеристикой двигателя, определяющей его долговечность, но и решающим экономическим фактором. Определение реального ресурса ДГА в составе ДЭС в зависимости от режима задей-

ствования и условий эксплуатации на конкретном объекте позволяет существенно улучшить его эксплуатационные характеристики.

В настоящее время в области диагностики двигателей (дизельных и газопоршневых) интенсивно развивается направление безразборного определения их технического состояния, что подтверждается многочисленными публикациями в технической литературе.

Оптимальное соотношение между назначенным моторесурсом, масса-габаритными показателями и техническими характеристиками определило применение на специальных объектах Войск ВКО в качестве резервных источников электроснабжения ДЭС на базе высокооборотных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Их основной особенностью является пониженная контролепригодность по сравнению с двигателями других групп. Конструктивно они не могут быть укомплектованы существующими системами диагностики, контролирующими параметры рабочего процесса.

Одним из способов назначения и определения израсходованных ресурсов ДЭС на конкретном объекте для такого типа дизелей без их разборки является назначение и расчет израсходованных ресурсов по количеству преобразуемой двигателем энергии, поскольку количество преобразованной двигателем энергии характеризует степень деградации двигателя [1, 5]. Способ расчета индивидуального ресурса дизелей позволяет учитывать особенности эксплуатации конкретного объекта и дает возможность:

- рассчитать величину назначаемых ресурсов дизелей энергетической установки конкретного проектируемого объекта;
- установить реальные сроки проведения осмотров и ремонтов ДЭС;
- рассчитать фактически израсходованный технический ресурс ДЭС конкретного объекта;
- определить оставшийся ресурс основных деталей;
- составить перечень и потребное количество деталей для обеспечения очередного ремонта.

Расчет ресурса ДГА до капитального ремонта по количеству преобразованной двигателем энергии выполняется индивидуально для каждого ДГА в составе ДЭС с учетом особенностей эксплуатации на конкретном объекте. При этом в качестве основного показателя принимается количество возможных циклов использования каждого ДГА в составе ДЭС – R_i .

Рассмотрим порядок определения количества возможных циклов использования каждого ДГА в составе ДЭС по количеству преобразованной энергии до капитального ремонта при работе на постоянной мощности P_k в течение времени t_k .

1. Используя данные, указанные в документации завода производителя i -го ($i \in [1 \dots n]$, где n – количество типов ДГА в составе ДЭС) ДГА, используемого в составе ДЭС, определяем входные параметры:

- номинальная (длительная) мощность на клеммах генератора P_{ni} , кВт;
- максимальная часовая мощность на клеммах генератора P_{maxi} , кВт;
- масса дизеля $M_{дизi}$, кг;
- ресурс ДГА до капитального ремонта $T_{криi}$, ч;
- номинальная мощность на валу двигателя $P_w^{ан}$, кВт.

2. Используя исходные данные, определяем удельную массу дизеля и величину «удельной энергонасыщенности» ДГА:

$$M_{уд} = \frac{M_{дизi}}{P_w^{ан}} \left[\frac{\text{кг}}{\text{кВт}} \right].$$

Возможность двигателя преобразовать определенное количество энергии за наработку до капитального ремонта оценивается величиной «удельной энергонасыщенности»:

$$\varepsilon_i = \frac{P_w^{ан} \cdot T_{криi}}{M_{удi}} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}} \right].$$

3. Определяем значение «удельной энергонасыщенности» при работе ДГА с постоянной мощности P_k на k -м участке графика нагрузки проводимых специальных работ с использованием выражения

$$\varepsilon_{ki} = \frac{P_{ki} \cdot t_k}{M_{дгг}}$$

4. Для расчета суммарной степени технической деградации ДГА на стационарных режимах $\varepsilon_{ст.р.}$ технологического графика специальных работ суммируются значения «удельной энергонасыщенности» на всех стационарных режимах, т.е.

$$\varepsilon_{ст.р.} = \sum_{k=1}^m \varepsilon_{ki}$$

В случае если на определенном интервале времени станция i -го типа не использовалась, значение «удельной энергонасыщенности» за данный промежуток времени принимается равным нулю.

5. Определяем интенсивность реальной деградации за один час эксплуатации ДГА $\varepsilon_{ф.ч}$ по определенному графику нагрузки специальных работ с использованием выражения

$$\varepsilon_{ф.ч} = \frac{\varepsilon_{ст.р.}}{\sum_{k=1}^m t_k}$$

6. Определяем фактическое значение ресурса ДГА при данном режиме эксплуатации $T_{крф.ч}$:

$$T_{крф.ч} = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{ф.ч}}$$

7. Определяем количество возможных циклов использования ДГА:

$$R_i = \frac{T^{\phi}}{\sum_{k=1}^m t_k}$$

Таким образом, представляется возможным, зная график электрических нагрузок проводимых специальных работ, то есть режим использования ДГА, определить фактическое время наработки до капитального ремонта и количество возможных циклов использования каждого ДГА в составе ДЭС и ДЭС в целом, которое может быть использовано в качестве одного из показателей, характеризующих эффективность работы ДЭС.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЙСК ВКО

Задача определения рационального состава ДЭС по таким экономическим показателям, как коэффициент полезного действия и по количеству возможных циклов использования ДЭС при работе по известным графикам нагрузки может быть решена как задача многопараметрической (многокритериальной) или векторной оптимизации.

В общем случае под задачей многопараметрической оптимизации понимается такая задача, в которой оптимизация проводится по нескольким критериям. Существуют различные способы сведения исходной многоцелевой задачи к задачам с единым критерием. Формулирование скалярного критерия оптимальности (целевой функции) должно производиться исходя из списка выходных параметров, имеющих смысл частных критериев оптимальности. Между тем, многие из критериев являются противоречивыми: улучшение одного из них при изменении вектора управляемых параметров приводит к ухудшению другого. Такая оптимизация представляет собой попытку найти компромисс между принятыми критериями, т. е. определение такого допустимого вектора управляемых параметров, при котором все критериальные параметры будут принимать приемлемые значения. Фактор противоречивости предъявляемых к объекту оптимизации требований значительно затрудняет формальный

подход к формированию единой целевой функции и требует привлечения различных неформальных процедур.

При выборе рационального состава ДЭС такими критериями являются ее к.п.д. и количество возможных циклов использования при работе по известным графикам нагрузки. Наиболее используемыми в практике компьютерного моделирования методами скаляризации векторного критерия оптимальности являются:

- метод главного критерия;
- метод аддитивной свертки.

Наиболее простой и часто применяемый метод формирования единой целевой функции основан на линейной свертке всех частных критериев (параметров) в один. Такой метод получил название метода аддитивной свертки целевых функций. В общем случае структура единой целевой функции E представляется в виде среднеарифметического значения

$$E = \sum_{j=1}^N g_j \cdot e_j \rightarrow \max,$$

где g_j - оценка важности j -го ($i = 1, 2, \dots, N$) параметра;

e_j - относительная эффективность j -го параметра.

Единая целевая функция E определяется для каждого из возможных вариантов состава ДЭС и является его обобщенным показателем эффективности.

Для решения задачи определения рационального состава МК ДЭС в работе используются два параметра ($N = 2$). В качестве первого параметра принимается обобщенный коэффициент полезного действия ДЭС ($y_1 = \eta_r$, где r - количество альтернативных вариантов ДЭС), в качестве второго - количество возможных циклов использования ДЭС при работе по известным графикам нагрузки ($y_2 = R_r$). Тогда целевая функция примет вид

$$E_r = g_\eta \cdot e_{\eta r} + g_R \cdot e_{Rr} \rightarrow \max.$$

При этом имеет место система ограничений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n P_{ni} \cdot x_i \geq P_{\max}^{30} \\ x_1, x_2, \dots, x_n \in Z^+ \\ P_i \geq 0,25 \cdot P_{ni} \end{cases}$$

где P_{ni} - номинальная мощность ДГА i -го типа, кВт;

x_i - количество ДГА i -го типа;

P_{\max}^{30} - значение тридцатиминутного максимума потребляемой мощности по графикам нагрузок РКК.

Рациональным является такой состав ДЭС, который обладает наибольшим показателем эффективности.

Важным элементом при такой оптимизации является назначение веса каждого оптимизируемого параметра. Распространенный метод - определение коэффициентов веса с помощью экспертов. Такой метод представляет собой, по существу, обычное обсуждение с той лишь разницей, что свое мнение эксперты выражают не словами, а цифрами. Известно достаточно много методов определения экспертных оценок. Основными из них являются [2]:

- непосредственное назначение коэффициентов веса;
- оценка важности параметров в баллах;
- метод парных сравнений.

Рассмотренный обобщенный показатель эффективности работы ДЭС позволяет при учете ограничений определить рациональный состав ДГА в составе ДЭС (максимальное значение показателя у рассматриваемых вариантов) по двум основным экономическим показателям -

по к.п.д. (удельному расходу топлива) и количеству возможных циклов использования ДГА в составе ДЭС при работе по известным графикам нагрузки.

Список используемых источников

1. *Вольский И.А., Кромин Ю.В.* Прогнозирование наработок судовых дизелей по их состоянию в процессе эксплуатации // *Технология судоремонта.* – 2002. – № 2.
2. *Гончар В.С.* Оптимизационные задачи энергетики: конспект лекций. – СПб.: СЗГТУ, 2000. – 139 с.
3. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике.– М.: Государственный стандарт СССР, 1990.
4. ГОСТ 4.367–85. Система показателей качества продукции. Дизели судовые, тепловозные и промышленные.– М.: Государственный стандарт СССР, 1986.
5. *Дроздов Ю.Н.* Развитие трибологии для экстремальных условий // *Трибология. Исследования и приложения: опыт США и стран СНГ.* – М., Машиностроение; Нью-Йорк, Аллертон пресс. – 1993.
6. *Калинин В.Н., Резников Б.А., Варакин Е.И.* Теория систем и оптимального управления. – Л.: ВИКИ имени А.Ф. Можайского, 1979. – 320 с.

А.Е. Привалов,
кандидат технических наук;
И.А. Кочанов,
кандидат технических наук;
П.Ю. Бугайченко

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье рассмотрен подход к формированию ситуационной осведомленности лица, принимающего решение по управлению эксплуатацией космических средств. Текущая ситуация представляется в виде модели контекста, основанного на онтологии предметной области. В качестве основы для разработки онтологии предложена классификация информации по основаниям системной модели управления эксплуатацией. На основании предложенного подхода разработана структура системы поддержки принятия решений по управлению эксплуатацией. Применение предложенного подхода позволит снизить неопределенность при принятии управленческих решений, вызванную обилием избыточной информации.

Ключевые слова: ситуационная осведомленность, управление эксплуатацией, космические средства, онтология.

ВВЕДЕНИЕ

Принятие решений при управлении эксплуатацией ракетно-космической техники осуществляется в условиях обилия информации об объекте управления, с одной стороны, и недостатка необходимой для принятия решения информации - с другой. Степень владения необходимой информацией лицом, принимающим решение, (ЛПР) характеризуется термином "ситуационная осведомленность", который включает восприятие элементов окружающей среды и их характеристик во времени и в пространстве, понимание их значения и прогнозирование изменения в ближайшем будущем [3].

Согласно модели М.Р. Эндсли состояние ситуационной осведомленности является результатом процесса анализа и оценки окружающей среды и включает (рис. 1):

– *восприятие ситуации* – формирует первый уровень ситуационной осведомленности и включает в себя наблюдение множества элементов окружающей среды (объектов, событий, факторов окружающей среды) и их текущих состояний (положения в пространстве, режимов работы, действий и т.д.);

– *осмысление ситуации* – формирует второй уровень ситуационной осведомленности и включает в себя анализ поступившей информации, отнесение ситуации к одному из классов (задача распознавания образов) и оценку ситуации;

– *прогнозирование ситуации* – формирует третий уровень ситуационной осведомленности и состоит в предсказании развития ситуации в недалеком будущем.



Рис. 1. Схема формирования ситуационной осведомленности



Рис. 2. Зависимость качества решения от объема информации

Формирование ситуационной осведомленности ЛПР при управлении эксплуатацией ракетно-космической техники связано с анализом большого объема информации, из которой на этапе осмысления ситуации отбирается необходимая для решения конкретной задачи управления. Очевидно, что с увеличением информации об объекте управления повышается качество принятых решений, вместе с тем с увеличением объема избыточной информации качество решений снижается (рис. 2). В статье рассматривается онтологический подход к описанию текущей ситуации при управлении эксплуатацией объектов ракетно-космической техники, целью разработки которого является обеспечение ЛПР необходимой для осмысления ситуации и принятия решения информацией при решении конкретных задач управления.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Управление эксплуатацией космических средств – это система целенаправленных действий органов управления по решению задач каждого этапа эксплуатации. В качестве основы для декомпозиции задачи управления эксплуатацией предлагается использовать основания системной модели управленческой деятельности на пяти уровнях [2]:

- множество субъектов управления (S);
- множество объектов управления (O);
- фазы жизненного цикла объектов управления (L);
- функциональные области управления (H);
- функция управления (F).

Субъектами управления эксплуатацией являются органы управления эксплуатацией – командиры, штаб, служба вооружения, служба защиты государственной тайны и т.д. Общей задачей субъектов управления является активное целенаправленное воздействие на объект управления для получения требуемого состояния объекта управления.

Объектами управления являются как сама система эксплуатации космических средств, так и ее отдельные элементы: *личный состав*, представленный как штатными формированиями (подразделением, воинской частью, соединением и др.), так и нештатными (боевым расчетом, сменой и др.); *документация по эксплуатации космических средств*; *объекты эксплуатации* – космические средства, имеющие самостоятельное целевое назначение; *средства эксплуатации* – здания, сооружения, специальные технические средства, предназначенные для выполнения работ на объектах эксплуатации.

Фаза жизненного цикла объекта управления соответствует этапу эксплуатации. Каждый этап эксплуатации характеризуется определенной целью управления – требуемым состоянием объекта управления.

Предметом управления является сторона объекта управления, на которую направлена деятельность субъекта. В системе эксплуатации в качестве предметов управления выступают эксплуатационные процессы: контроль состояния космических средств (КСр), техническое обслуживание КСр, ремонт КСр, рекламационная работа, категорирование КСр.

Функция управления – вид деятельности, характеризующийся определенной однородностью и стабильностью воздействий на объект со стороны субъекта управления. В рамках теории управления выделяют три основные функции управления: планирование, оперативное управление и контроль, – составляющие цикл управления.

Каждая задача управления однозначно определяется компонентами всех уровней системной модели, выстроенных и логично взаимосвязанных «снизу вверх». Если выбрать по одному элементу из каждого уровня системной модели и рассмотреть их последовательно, начиная с нижнего уровня – «Функция управления» и дойдя до верхнего уровня – «Субъект управления», мы получим формулировку частной задачи управления эксплуатацией, условия которой определяются элементами системной модели.

Таким образом, системная модель управления эксплуатацией имеет вид

$$Y = (F, R, L, O, S, G), \quad (1)$$

где F – множество функций управления f_{k_F} , $k_F = \overline{1, n_F}$, $n_F = |F|$;

H – множество предметов управления h_{k_H} , $k_H = \overline{1, n_H}$, $n_H = |H|$;

L – множество фаз жизненного цикла l_{k_L} , $k_L = \overline{1, n_L}$, $n_L = |L|$;

O – множество объектов управления o_{k_O} , $k_O = \overline{1, n_O}$, $n_O = |O|$;

S – множество субъектов управления s_{k_S} , $k_S = \overline{1, n_S}$, $n_S = |S|$;

G – множество частных задач управления, при этом

$$g_{k_G} = (f_{k_F}, h_{k_H}, l_{k_L}, o_{k_O}, s_{k_S}).$$

Например, задача g_{k_G} – «планирование (f_1) ремонта (h_3) при поддержании в готовности (l_2) технического комплекса РКК «Союз-2» (o_4) службой вооружения отдельной инженерно-испытательной части (s_3)» определяется вектором

$$g_{k_G} = (f_1, h_3, l_2, o_4, s_3). \quad (2)$$

Используемые на практике задачи управления могут не включать отдельные классификационные признаки системной модели, а могут объединять задачи по тому или иному признаку. Системная модель управления эксплуатацией может быть использована для классификации информации при формировании ситуационной осведомленности.

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ

Ситуационную осведомленность ЛПР формирует совокупность разнородной информации о текущей ситуации. Для ее объединения и классификации необходима разработка формализма, позволяющего объединить всю информацию и провести ее семантический анализ. Для этих целей предлагается использовать модель текущей ситуации в виде контекста, основанного на онтологии предметной области [1]. Онтология предметной области управления эксплуатацией описывается кортежем

$$Ont = \langle C, R, A \rangle. \quad (3)$$

характеризующих сами объекты текущей ситуации, на абстрактном уровне остаются неопределенными (за исключением тех атрибутов, которые не зависят от текущей ситуации, например, тактико-технические характеристики объектов эксплуатации). Вместо конкретных значений для атрибутов указываются ссылки на источники информации о значении атрибута.

Построение прикладного контекста основывается на конкретизации задачи управления $g_k \in G$, на основе которой формируется запрос к абстрактному контексту с целью отбора данных, необходимых для формирования ситуационной осведомленности. Упрощенный синтаксис запроса к онтологии выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{SELECT } \langle Inst \rangle \\ & \text{FROM } \langle Cont_A \rangle \\ & \text{WHERE } \{ \langle A \rangle \\ & \quad \text{FILTER } \langle g_k \rangle \\ & \}. \end{aligned} \quad (5)$$

Семантика запроса – выдать экземпляры $Inst$ из онтологии $Cont_A$, для которых значения атрибутов соответствуют задаче управления g_k . Таким образом, запрос к абстрактному контексту представляет собой функцию от задачи управления эксплуатацией g_k и абстрактного контекста. Для создания модели реальной ситуации атрибутам прикладного контекста присваиваются реальные значения, поставляемые источниками информации о ситуации. Источники информации могут представлять собой модели решения частных задач эксплуатации, решения старшего начальника, результаты контроля состояния КСр, доклады подчиненных подразделений. Динамика развития ситуации также отражается в прикладном контексте путем изменения значений атрибутов в течение времени.

Таким образом, формальная модель прикладного контекста имеет вид

$$Cont_n = Q(Cont_A, g_k) \uparrow Inf(t). \quad (6)$$

где $Inf(t)$ – оперативная информация о текущей ситуации;

Q – запрос к абстрактному контексту.

Представление текущей ситуации в виде модели контекста и системная модель управленческой деятельности могут лечь в основу построения системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению эксплуатацией КСр.

ОБЛИК СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

На рис. 4 представлена структура СППР по управлению эксплуатацией КСр. Основу СППР составляют абстрактный контекст, формирующий базу общих знаний о предметной области, и блок поддержки принятия решений, состоящий из прикладного контекста и блока логического вывода. Исходя из текущей ситуации, ЛПР формирует задачу управления g_k , на основании которой система формирует прикладной контекст $Cont_n$ путем генерации запроса к абстрактному контексту $Cont_A$. При поступлении оперативной информации $Inf(t)$ присваиваются значения атрибутам прикладного контекста. По мере присвоения атрибутами реальных значений блоком логического вывода решаются задачи, которые могут быть решены на основании имеющейся к данному моменту информации.

Оперативная информация может поступать по различным каналам связи, однако возникает задача оперативного ввода данных в прикладной контекст. При этом возлагать данные функции на ЛПР или оператора нецелесообразно из-за большого объема информации. Наиболее эффективным решением является сетевая СППР, в качестве ядра которой выступает информационный портал. Такая организация СППР открывает широкие возможности по

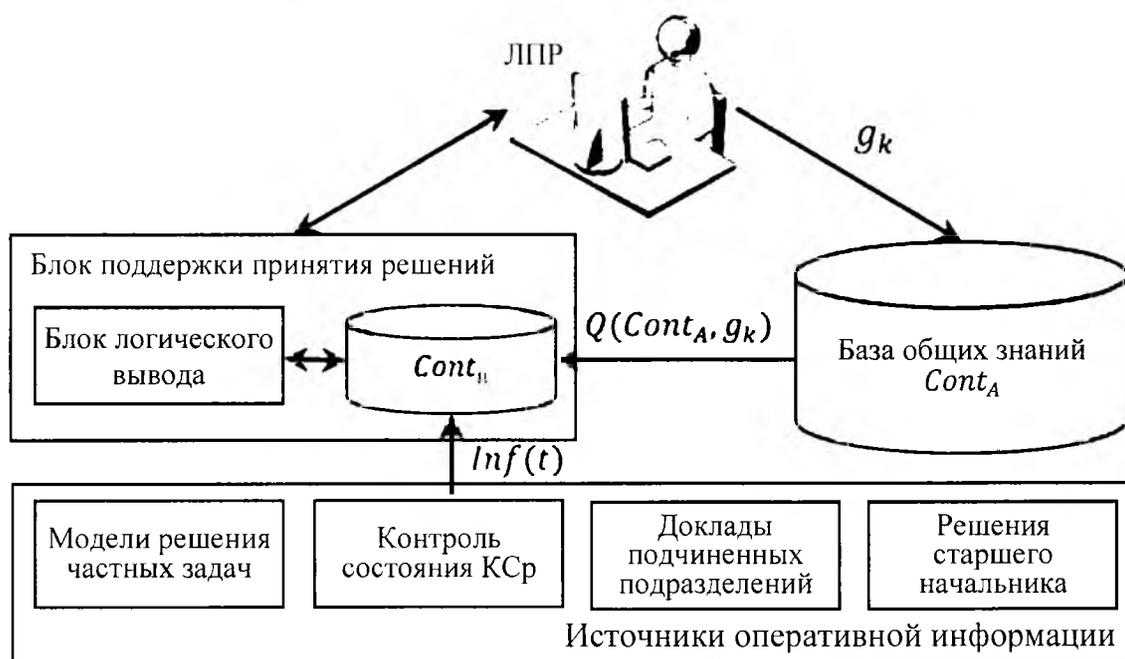


Рис. 4. Структура СППР по управлению эксплуатацией

автоматизации ввода информации с использованием моделей предметной области, а функция ввода устной информации, такой, как доклады, донесения, результаты контроля КСр и др., возлагается непосредственно на лицо, предоставляющее информацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен подход к формированию ситуационной осведомленности ЛПР по управлению эксплуатацией КСр на основе представления текущей ситуации в виде модели контекста, основанного на онтологии предметной области. В качестве основы для разработки онтологии предложена классификация информации по основаниям системной модели управления эксплуатацией. Предложенный подход может быть использован для построения СППР по управлению эксплуатацией, которая учитывает не только имеющиеся знания предметной области, но и оперативную информацию о текущей ситуации. Применение предложенного подхода позволит снизить неопределенность при принятии управленческих решений, вызванную обилием избыточной информации, что положительно скажется на качестве решений.

Список используемых источников

1. Децентрализованная интеллектуальная поддержка принятия решений при управлении чрезвычайными ситуациями / А.В. Смирнов, Т.В. Левашова, Н.Г. Шилов, А.М. Кашевник // Материалы докладов одиннадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием, 29 сентября – 3 октября 2008 г., г. Дубна. – М.: ЛЕНАРД, 2008. – Т.2. – С. 253–261.
2. Эксплуатация космических средств: теория и практика / под ред. д.т.н. генерал-лейтенанта А.П. Ковалева. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2003. – Ч. 1: Жизненный цикл и система эксплуатации космических средств. Космические системы и комплексы. – 288 с.
3. Ontology-based situation awareness / M.M. Kokar [et al.] // ScienceDirect. Information Fusion 10. – 2009. – P. 83–98.

П.Н. Салов,

кандидат технических наук, доцент;

Д.П. Мандрица,

кандидат технических наук, доцент;

Р.Б. Шмаков,

кандидат технических наук

ОБОСНОВАНИЕ УРОВНЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ И АВАРИЙНЫХ ВЗРЫВОВ

Изложены особенности обеспечения безопасности функционирования стартового комплекса (СК) ракетно-космических комплексов. Даны определения допустимого ущерба и критического ущерба. Для обоснования условий нанесения ущерба вводятся понятия «безопасная ситуация», «опасная ситуация», «чрезвычайная ситуация». Выделены группы происшествий и соответствующих им чрезвычайных ситуаций, возможных в процессе функционирования СК. Представлен алгоритм возникновения и локализация происшествий.

Ключевые слова: стартовые комплексы, безопасность процесса функционирования, опасные факторы.

Обеспечение безопасности функционирования стартового комплекса в условиях нештатных аварийных ситуаций в настоящее время становится особо актуальной задачей.

Под безопасностью процесса функционирования (БФП) СК понимается свойство процесса, характеризующее его способность не наносить ущерб больше допустимой величины среде, в том числе объектам, зданиям и сооружениям. Под ущербом понимают потери, которые наносятся СК и среде.

Для решения проблем безопасности СК необходимо:

- выбрать границу «СК–среда», которая определяет как частные объекты опасности, так и частные объекты безопасности, входящие в состав среды;
- определить масштаб, уровень ущерба, при котором функционирование СК можно считать безопасным.

Под средой понимается совокупность элементов ракетно-космических комплексов (РКК), не входящих в их состав, но оказывающих на среду то или иное воздействие. Данные элементы определяют РКК как целостное образование, взаимодействующее со средой и обеспечивающее достижение цели его функционирования, а также формируют характерное с точки зрения данного исследования свойство опасных факторов (ОФ) – возможность нанесения ущерба СК и среде.

Величина допустимого ущерба определяется предельно допустимыми значениями параметров ОФ, которые зависят от значений параметров стойкости и защищенности (живучести) СК и среды от воздействия опасных факторов. Предельно допустимые значения параметров ОФ для различных объектов, входящих в состав СК и среды, также различны и должны определяться при парном рассмотрении взаимодействия конкретного ОФ и конкретного элемента СК и среды (объекта безопасности). Предлагается под критическим ущербом понимать ущерб, который в пределах проводимого исследования признан недопустимым.

Необходимыми условиями нанесения ущерба являются воздействия ОФ (в форме вещества или энергии) на СК и отсутствие на СК среды защищенности от воздействий ОФ. Определяющими предпосылками предлагается считать неконтролируемое или неуправляемое высвобождение энергии (механической, тепловой, электрической и т. п.).

Для обоснования условий нанесения ущерба необходимо ввести понятия: «безопасная ситуация», «опасная ситуация», «чрезвычайная ситуация».

Под безопасной ситуацией понимается такое состояние СК и среды, когда отсутствуют предпосылки нанесения критического ущерба СК или среде.

Под чрезвычайной ситуацией следует понимать такое состояние СК или среды, когда СК или среде нанесен (наносится) критический ущерб.

Для определения уровня критического ущерба вводится определение происшествий по объектовому признаку. Анализ состава стартового комплекса и среды позволяет условно выделить три вида ущерба в зависимости от отношения к объектам безопасности:

- ущерб СК, в том числе инженерно-строительному оборудованию и техногенной среде, который связан с изменениями структуры и характеристик СК и техногенной среды, а также с затратами на их восстановление;

- ущерб людям, который проявляется в снижении качества жизни (травмы, заболевания, увечья и т. п.);

Необходимо отметить, что нанесение каждого из перечисленных ущербов оказывает влияние на невыполнение СК целевых задач в течение заданного времени, которое рассматривается как нанесение ущерба особого вида.

Упрощение задачи обеспечивает анализ возможного ущерба, необходимого для получения единой интегральной оценки применения СК. При этом уровень критического ущерба является величиной переменной для различных условий применения СК.

Для определения уровней критического ущерба следует выделить следующие группы происшествий и соответствующих им чрезвычайных ситуаций, возможных в процессе функционирования СК [1, 2]:

- повреждение технологического и технического оборудования СК, делающее дальнейшую эксплуатацию СК невозможной без проведения среднего ремонта;

- повреждение РКН, делающее дальнейшую эксплуатацию СК невозможной без проведения среднего ремонта;

- повреждение либо разрушение отдельных элементов инженерно-строительного оборудования, делающее дальнейшую эксплуатацию СК невозможной без проведения капитального ремонта.

Задачи обеспечения БФП СК, связанные со специфичностью самого СК и процесса его функционирования, вызывают необходимость формирования научно-методического сопровождения на основе методического единства, системности и программно-целевого управления. При этом управление состоянием СК при возникновении нештатных ситуаций должно быть направлено на успешное осуществление пуска РКН, а также собственные цели процесса функционирования СК, в том числе обеспечение его безопасности.

Моделирование процесса функционирования СК и анализ его безопасности выполняется на основе единой системной концепции, комплекса взаимосвязанных моделей, методик и процедур:

- перечисления нештатных ситуаций, их классификации, анализа источников и причин их возникновения и возможных последствий;

- формирования требований к средствам контроля, управления и обеспечения безопасности;

- принятия решений по управлению процессом функционирования СК при возникновении нештатных ситуаций для обеспечения его безопасности.

Основой для построения алгоритмической модели служит концептуальное описание СК и процессов его функционирования, то есть разработка обобщенной модели эволюции состояний СК с учетом возникновения опасных и чрезвычайных ситуаций.

В качестве обобщенной модели анализа БФП СК предлагается использовать модель эволюции состояний СК в виде ориентированного графа $G_n(S, Y)$ переходов (рис. 1).

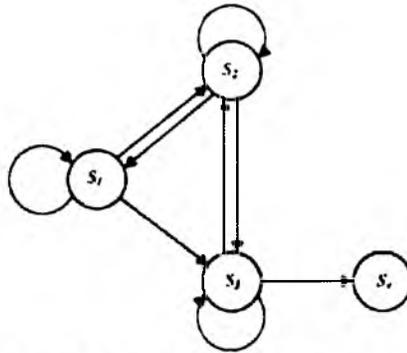


Рис. 1. Модель эволюции состояний СК

В данной модели вершины графа $G_{11}(S, Y)$ описывают множество $S_{(4)} = (S_1, S_2, S_3, S_4)$ состояний СК, где S_1, S_2, S_3, S_4 – состояния СК, характеризующиеся соответственно принадлежностью к штатной программе функционирования, возникновением нештатной безопасной ситуации, возникновением нештатной опасной ситуации и возникновением чрезвычайной ситуации. Однако функционирование перечисленных моделей тесно взаимосвязано, что требует их сопряжения в единый вычислительный комплекс (рис. 2).

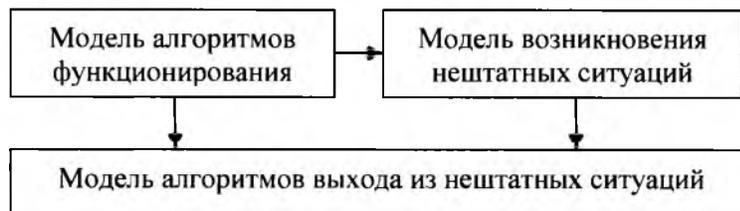


Рис. 2. Модель функционирования СК в условиях нештатных ситуаций

Формализованное представление двух моделей процессов – возникновения нештатных ситуаций и алгоритмов выхода из них, одновременно обуславливает логическую завершенность и возможность проведения анализа БФП СК.

В общем случае возникновение происшествия представляет собой процесс, протекающий во времени и состоящий из двух стадий – стадии возникновения опасной ситуации и стадии развития опасной ситуации в происшествии. Первая стадия характеризуется лишь наличием угрозы нанесения ущерба объектам безопасности, а вторая стадия – собственно нанесением ущерба СК [3,4].

Таким образом, возникновение происшествия представляет собой соединение двух событий: возникновения опасной ситуации и неудачной локализации при условии возникновения (рис. 3).

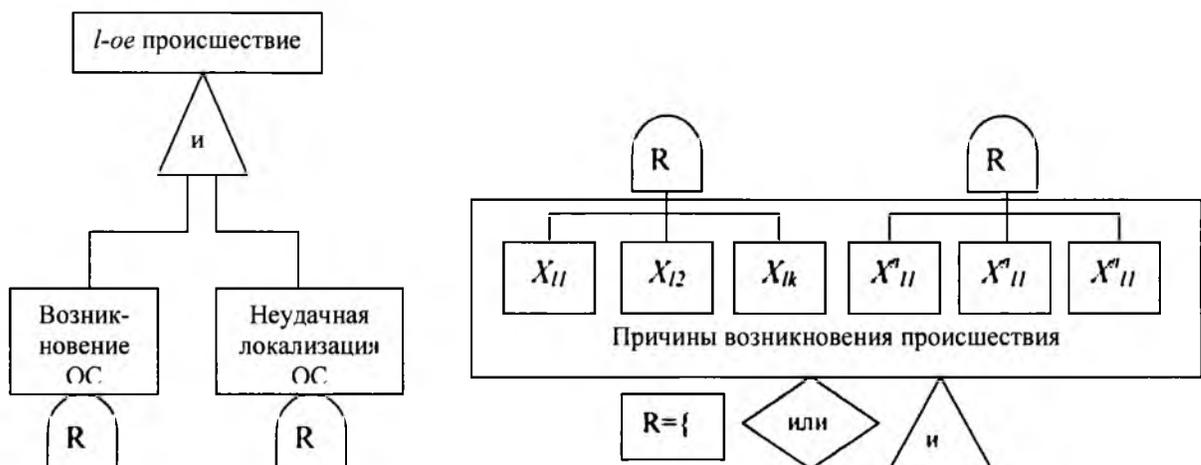


Рис. 3. Алгоритм возникновения и локализация происшествий

Анализ возможных нештатных ситуаций неразрывно связан с задачами их обнаружения и распознавания, а также прогнозирования их дальнейшего развития. Обеспечение БФП СК с учетом возможных нештатных ситуаций, особенно опасных, предполагает выполнение процедур принятия решения по выходу из возникшей нештатной ситуации и его реализации.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 22.10.01–2001. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка ущерба. Термины и определения.
2. Неразрушающий контроль объектов наземной космической инфраструктуры: труды научно-технического семинара. – СПб., 2004.
3. Радаев Н.Н. Приближенные оценки защищенности объектов от террористических действий// БДИ. – 2007. – № 3 (72).
4. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети: пер. с англ. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.

Д.В. Сурин,
доктор технических наук, профессор;
А.М. Шевчук,
кандидат технических наук, доцент;
И.В. Лунис

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ ОТДЕЛЬНОГО КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ОБЫЧНЫМ СРЕДСТВАМ ПОРАЖЕНИЯ ПРОТИВНИКА

Существующие отдельные командно-измерительные комплексы (ОКИК), являясь объектами стратегической важности, не обладают какой-либо защитой от средств поражения противника, то есть их живучесть близка к нулю. В статье описывается способ защиты от обычных средств поражения противника и предлагается оригинальная методика оценки живучести ОКИК.

Ключевые слова: оценка живучести, командно-измерительный комплекс, система комплексного противодействия ВТО.

ВВЕДЕНИЕ

Современные отдельные командно-измерительные комплексы запроектированы, построены и функционируют без учета воздействия на них средств поражения противника в условиях не только ядерной, но и обычной войны. Вследствие этого наземные комплексы управления КА (НКУ КА) оказываются неживучими, то есть наземная группировка НКУ КА в условиях войны будет не способна к управлению, получению и обработке космической информации от орбитальной группировки КА.

Выполненные исследования [2] показали, что существующий потенциал космических услуг (ПКУ) в мирное время вносит значительный вклад в оборонный и экономический потенциалы РФ, который ориентировочно составляет 9–12 % от всего вклада. В условиях ведения современной обычной войны при условии обеспечения требуемого уровня живучести наземной группировки ВКО ПКУ еще более возрастает за счет повышения боевой эффективности ВС РФ и может составить 17–20 %.

Таким образом, проблема обеспечения живучести существующих и перспективных ОКИК в условиях ведения современной обычной войны является актуальной.

МЕТОД ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ ОТДЕЛЬНОГО КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С УЧЕТОМ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УДАРАМ ПРИ РАСЧЕТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЫЧНЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ПРОТИВНИКА

Анализ возможных путей повышения обеспечения живучести ОКИК выявил два альтернативных пути решения проблемы: создание мобильных ОКИК, которые принято называть подвижными наземными командно-измерительными пунктами (ПН КИП), и создание и применение системы комплексного противодействия ударам (СКПУ) обычными средствами поражения (ОСП) противника.

Первый путь достаточно полно исследован при анализе ведения ядерной войны, а также войны с применением ОСП [1]. Исследования показали возможность достижения высокого уровня живучести ПН КИП. Однако эти же исследования показали, что достигнуть требуе-

мого уровня живучести с вероятностью сохранения функциональной способности ПН КИП по выполнению боевой задачи со значением 0,90 и выше не представляется возможным.

Второй путь – создание и применение СКПУ в научно-методическом отношении детально исследован применительно к перспективным стартовым комплексам наземной космической инфраструктуры типа «Ангара» [1, 3]. Исследования показали, что при определенных вариантах комплексирования подсистем СКПУ представляется реальным обеспечить живучесть стартовых комплексов до значений живучести 0,90 и выше.

В данной работе излагается методика оценки живучести ОКИК с учетом создания и применения СКПУ при расчетном воздействии ОСП противника применительно к варианту региональной обычной войны на Западном театре военных действий.

Отметим, что в СКПУ принципиально могут быть представлены четыре подсистемы противодействия ударам ОСП противника: фортификационное противодействие (ФП), маскировочное противодействие (МП), радиоэлектронное противодействие (РЭП), активное противодействие (АП). Четвертая подсистема противодействия – АП в работе основывается на применении активной объектовой защиты с помощью ПЗРК типа «Панцирь-С1». Остальные подсистемы (ФП, МП, РЭП) рассматриваются в рамках существующих традиционных подходов с применением штатных средств.

Предварительные исследования показали, что применение фортификационного противодействия на существующих ОКИК представляется сложной и дорогостоящей задачей из-за низкой изначальной защищенности основных сооружений, выполняющих боевую задачу, которые в строительном отношении выполнены в виде обычных зданий производственного типа. Поэтому в данной работе далее рассматривается трехкомпонентная СКПУ в составе подсистем – МП, РЭП и АП.

Научно-методический аппарат по разработке методов оценки живучести ОКИК на основе встроенной СКПУ при воздействии ОСП противника построен на базовой теории живучести объектов-целей и наземных комплексов систем вооружения [1].

Исходя из положений общей теории живучести живучесть объекта-цели j -го типа при расчетном воздействии средств поражения i -го типа в количестве n_i ударов определяется по зависимости вида

$$Q_{ij} = \exp -\beta_{ij} n_{ij} \quad (1)$$

где β_{ij} – уязвимость объекта цели j -го типа при воздействии средства поражения i -го типа;
 n_{ij} – расчетный наряд (количество ударов) средств поражения i -го типа на объект-цель j -го типа.

При применении подсистем противодействия (ФП, МП, РЭП и АП) параметры в формуле (1) претерпевают соответствующие изменения как функции, в которые включаются соответствующие параметры влияния подсистем противодействия.

ФОРМИРОВАНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ ОКИК ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МАСКИРОВОЧНОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ, РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ И АКТИВНОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Рассмотрим более обстоятельно формирование параметров β_{ij} и n_{ij} при применении МП, РЭП и АП.

Принципиальная структура уязвимости β_{ij} имеет формализацию в виде зависимости

$$\beta_{ij} = -\ln 1 - G_{n-1 ij} \cdot P_{1 ij} , \quad (2)$$

где $G_{n-1 ij}$ – закон физического поражения (условия вероятности поражения) объекта-цели



j -го типа при воздействии средства поражения i -го типа;

P_{1ij} – вероятность попадания средства поражения i -го типа в уязвимую область поражения объекта-цели j -го типа.

При воздействии ОСП i -го типа предполагается, что расчетным вариантом воздействия является местное действие удара (проникания) и взрыва боеприпаса ОСП – для ОСП проникающего типа или местное действие взрыва боеприпаса ОСП – для ОСП фугасного (контактного) действия.

Закон поражения при воздействии ОСП i -го типа на объект-цель j -го типа в общем виде представляется в виде формулы:

$$G_{n1ij} = 0,5(h_{з(i)})^9, \quad (3)$$

где $h_{з(i)}$ – относительная защищенность объекта-цели j -го типа при местном действии ОСП i -го типа.

Анализ выполненных исследований объектов-целей ОКИК при отсутствии подсистемы ФП дает основание полагать, что закон поражения по зависимости (3) дает значение вероятности физического поражения $G_{n(nij)} \approx 1$, то есть в дальнейшем в формуле для уязвимости (2) можно принять $G_{n(nij)} = 1$.

Вероятность попадания ОСП i -го типа в уязвимую область поражения объекта-цели j -го типа определяется по зависимости вида:

$$P_{1ij} = 1 - e^{-\alpha_{ij} (1-d_{ij})^2} + \frac{2-d_{ij}}{4} (e^{-\alpha_{ij} (1-d_{ij})^2} - e^{-\alpha_{ij} (1+d_{ij})^2}), \quad (4)$$

где α_{ij} – показатель попадаемости ОСП i -го типа в уязвимую область поражения объекта-цели j -го типа;

d_{ij} – приведенная систематическая ошибка прицеливания ОСП i -го типа относительно центра объекта-цели j -го типа ($0 < d_{ij} \leq 1$),

$$d_{ij} = \frac{d_{ij}}{R_{ц(j)}}; \quad (5)$$

$R_{ц(j)}$ – радиус уязвимой зоны объекта-цели i -го типа, м.

Показатель попадаемости ОСП определяется по функции вида

$$\alpha_{ij} = 0,2274 \left(\frac{R_{ц(j)}}{E_i} \right), \quad (6)$$

где E_i – круговое вероятное отклонение (точность попадания) ОСП i -го типа относительно центра прицеливания, м.

Во время маскировочного противодействия при применении средств скрытия и имитации изменяются параметры d_{ij} , n_{ij} и $R_{ц(j)}$ следующим образом:

$$d_{ij} \rightarrow d_{ij(m)} = 0,50 R_{ц(j)} (1 - P_{об ij}); \quad (7)$$

$$n_{ij} \rightarrow n_{ij м} = n_{ij} \frac{P_{об ij}}{P_{об ij} + m_{им j} (1 - P_{об ij})}; \quad (8)$$

$$R_{ц(j)} \rightarrow R_{ц j м} = R_{ц(j)} (1 + 0,2(1 - P_{об ij})), \quad (9)$$

где $P_{об ij}$ – вероятность обнаружения центра объекта-цели i -го типа ТСР противника при воздействии ОСП i -го типа.

При радиоэлектронном противодействии происходит изменение точности прицеливания ОСП, что оценивается введением скорректированного значения кругового вероятного отклонения:

$$E_i = E_{i(P)} = E_i \sqrt{1 + 1,5 P_{\text{рэп } i}} \quad (10)$$

где $P_{\text{рэп}(i)}$ – вероятность снижения воздействия помех РТС системы РЭП на прицеливание ОСП i -го типа. $P_{\text{ртс(осп)}} = 0,35 - 0,55$.

При активном противодействии происходит уничтожение подлетающих ОСП к объектам-целям системой АП (на основе ЗПРК типа «Панцирь-С1»), это отражается на фактическом наряде ОСП следующим образом:

$$n_{ij} \rightarrow n_{ij \Lambda} = n_{ij} e^{-3,5 \frac{n_{B \Lambda i}}{n_{ij}} P_{(A)i}} \quad (11)$$

где $n_{B \Lambda i}$ – среднее значение количества выстрелов ЗПРК по ОСП i -го типа;

$P_{(A)i}$ – вероятность поражения одним выстрелом ЗПРК ОСП i -го типа.

После завершения всех процедур расчета живучести основных объектов-целей при применении встроенных СКПУ в условиях расчетного воздействия ОСП противника живучесть ОКИК как военно-технической системы, не имеющей дублирования элементов, выполняющей общую боевую задачу, определяется зависимостью вида

$$Q_{\text{окик}} = \prod_{j=1}^m Q_{ij}^{\rho_j m_j} \quad (12)$$

где Q_{ij} – живучесть объекта-цели j -го типа при фактическом воздействии ОСП i -го типа в условиях применения СКПУ;

ρ_j – долевой вклад в выполнение боевой задачи ОКИК объекта-цели j -го типа;

m_j – количество объектов-целей j -го типа в однородной группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изложенная выше методика позволит оценивать живучесть ОКИК в условиях воздействия обычных средств поражения противника с учетом отсутствия (наличия) дополнительных защитных мероприятий. Кроме того, при соответствующей адаптации методика может быть применена для других стационарных наземных комплексов различных систем вооружения, имеющих важное оборонное значение.

Список используемых источников

1. Сурин Д.В. Аналитические методы оценки защищенности и живучести объектов и комплексов: монография. – МО РФ, 1997. – 249 с.
2. Сурин Д.В., Шевчук А.М. Оценка текущего и перспективного вклада Космических войск в обеспечение потенциала оборонного и экономического могущества РФ // Информационный сборник АВН / Санкт-Петербургское отделение. – 2005. – Вып. 3.
3. Шевчук А.М., Сурин Д.В., Тюрин Е.А. Алгоритм технико-экономического обоснования эффективности применения встроенной системы комплексного противодействия ударам ОСП на наземных комплексах // Постоянно действующий межвузовский научно-практический семинар: статьи и доклады. – СПб.: ВИТУ, 2009. – С. 108–112.

А.М. Гончаров,
кандидат технических наук;
А.В. Галанкин,
кандидат технических наук;
С.В. Чашин

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НАЧАЛА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (СЕТИ) ГЛАВНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Предложен набор показателей, позволяющих на основе анализа параметров сетевого трафика идентифицировать начало информационно-технического воздействия на узлы и каналы сети передачи данных.

Ключевые слова: информационный пакет, информационный кадр, коммутация пакетов, корреляция, сетевой трафик, информационно-техническое воздействие.

Анализ особенностей современной вооруженной борьбы (Ирак, Ливия, Сирия, Осетия) позволяет определить основные тенденции ее развития:

- интенсивное внедрение современных информационных технологий в военную сферу;
- использование космической сферы опосредованно или напрямую для воздействия на противоборствующую сторону;
- использование киберпространства (новая сфера противоборства) для достижения политических целей (посредством воздействия на информационные и информационно-управляющие системы объекта агрессии);
- существенное возрастание зависимости эффективности военных действий в традиционных сферах: на суше, в воздухе, на море от действий в космосе и киберпространстве [4].

В национальной военной стратегии США (The National Military Strategy of the United States of America) 2011 года подчеркивается необходимость обеспечения беспрепятственного входа и действий в космической и кибернетической сферах. Развивается процесс целенаправленного переноса потенциала угрозы в космическое и кибернетическое пространства [4].

Россия, как и ряд стран, которые имеют хорошо развитую космическую инфраструктуру (США, Китай, Франция, Индия), обладает многоцелевой орбитальной группировкой космических аппаратов (ОГ КА) и разветвленным наземным автоматизированным комплексом управления (НАКУ).

Управление орбитальной группировкой КА осуществляет Главный испытательный космический центр (ГИКЦ). Основным содержанием применения ГИКЦ в различные периоды обстановки является управление орбитальными системами КА и отдельными КА в интересах применения их по целевому назначению.

Для решения поставленных задач в составе ГИКЦ имеются космические системы (КС) различного целевого назначения. Основными элементами КС ГИКЦ выступают наземные космические средства (КСр), в перечень которых входят средства связи, передачи данных (ССПД) и система боевого управления (СБУ). Эволюционно ССПД и СБУ к настоящему времени трансформировались в интегрированную систему информационного обмена (ИСИО) управления КА и пусков (запусков) изделий ракетно-космической техники (РКТ) на основе сетевых и базовых информационных защищенных компьютерных технологий.

В рассматриваемых задачах космической кибернетики в качестве системы обслуживания выступает комплекс наземных космических средств. Пунктами обслуживания являются командно-измерительные пункты (КИП) и измерительные пункты (ИП).

Пункты оснащены разнообразными радиотехническими средствами (РТС) для измерения параметров движения КА, приема и передачи информации при нахождении КА в зоне их ответственности (обслуживания), а также средствами автоматизации и вычислительной техники, телекоммуникационной сети (ТКС), каналообразующей аппаратурой и разнотипными каналами связи. Из совокупности имеющихся в составе КИП технических средств для решения конкретных задач формируются каналы обслуживания или информационно-управляющие каналы (ИУК). Основными элементами ИУК выступают РТС, электронные вычислительные машины (ЭВМ) и комплексы систем автоматизированной обработки, хранения и передачи информации, ТКС, а также другие средства, необходимые для обеспечения выполнения орбитальными средствами целевых задач.

Для эффективного функционирования НАКУ интегрированная система информационного обмена построена на цифровом телекоммуникационном оборудовании и широко использует каналы инфраструктуры российских операторов связи с применением пакетных технологий глобальных сетей, значительно расширяя возможности стационарных опорных сетей связи (СОСС) по пропускной способности и обеспечению потребностей управления частями в новых видах связи, дает возможность для реализации прогрессивных концепций и информационных технологий при управлении КС [2, 3].

Однако наряду с данными преимуществами существенно возрастает опасность реализации угроз информационной безопасности путем проведения информационно-технических воздействий (ИТВ) на узлы и каналы связи операторов, на базе которых строятся СОСС. Результатом ИТВ может быть полный или частичный отказ узлов и каналов связи операторов, что неизбежно отразится и на функционировании СОСС в виде задержек или полного блокирования передаваемого трафика ГИКЦ, проходящего через атакованные узлы.

Особенно критичным к задержкам является трафик по тракту пункт управления (ПУ) – КИП, строящийся на базе узлов и каналов СОСС, особенно перед началом боевых действий или в ходе их ведения.

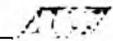
Для выработки мер противодействия данным видам воздействий и обеспечения непрерывного прохождения трафика ПУ–КИП необходимо обнаружение ИТВ на узлы и каналы операторов связи, задействованных в передаче этого трафика. Для этого необходим набор показателей, отражающих проявление информационно-технических воздействий на узлах и каналах связи.

Проявление рассматриваемых видов ИТВ заключается в изменении характеристик пользовательского трафика, обслуживаемого узлами и каналами связи, подвергшимися воздействию. Из чего следует, что для выявления ИТВ необходим набор частных показателей, которые будут чувствительны к изменению тех или иных характеристик пользовательского трафика под влиянием различных видов воздействий. Причем, принимая во внимание тот факт, что различные сетевые технологии с коммутацией пакетов имеют свои особенности по передаче пользовательского трафика, набор частных показателей должен быть инвариантен по отношению к любой из применяемых технологий.

Для учета степени влияния того или иного вида воздействия на узлы и каналы связи представляется целесообразным введение общих показателей, которые будут определяться частными показателями.

Для учета суммарного влияния всех выявленных ИТВ на узлы и каналы связи, а также для определения критического момента времени, когда характеристики узлов и (или) каналов связи, задействованных в передаче информационного потока ПУ–КИП, станут близкими к тем, с которыми они не смогут обеспечивать прохождение трафика с качеством, диктуемым задачами, которые решает ГИКЦ, необходим обобщенный показатель, на основании значения которого можно будет принимать решение на обход (резервирование) узлов и (или) каналов связи, подверженных информационно-техническим воздействиям.

Одной из основных характеристик трафика в сетях с коммутацией пакетов на канальном уровне модели OSI является размер кадра. Причем каждая технология, используемая в маги-



стральной части сети, ограничивает диапазон размеров этих кадров. Экспериментальный анализ распределения кадров по размерам позволяет сделать вывод о преобладании кадров определенных размеров в большинстве реализаций нормального трафика. В условиях информационно-технических воздействий, например в виде вирусной сетевой активности, наблюдается асимметрия распределений кадров по размеру в зависимости от направления трафика.

Таким образом, асимметрия количества кадров определенных размеров в зависимости от направления трафика может выступать в качестве частного показателя, характеризующего проявление информационно-технических воздействий, и характеризоваться коэффициентом асимметрии [1]:

$$k_{ac} = 1 - \prod_{i=1}^I \frac{N_{вх(исх)_i}}{N_{исх(вх)_i}} \text{ при } i = \overline{1, I}, \quad (1)$$

где i – номер размера кадров, присущих используемой сетевой технологии с коммутацией пакетов;

$N_{вх(исх)_i}$ – количество входящих (исходящих) кадров i -го размера.

Причем если $N_{вх_i} < N_{исх_i}$, то $k_{ac} = 1 - \prod_{i=1}^I \frac{N_{вх_i}}{N_{исх_i}}$. В противном случае, при $N_{вх_i} > N_{исх_i}$,

$$k_{ac} = 1 - \prod_{i=1}^I \frac{N_{исх_i}}{N_{вх_i}}.$$

Другой важной характеристикой трафика является интенсивность поступления данных, то есть число кадров на канальном уровне или пакетов на сетевом и транспортном уровнях модели OSI, за единицу времени. Экспериментальные гистограммы распределений интенсивности пакетов нормального и подверженного информационно-техническим воздействиям трафика, как показала проверка по критерию χ^2 , аппроксимируются логнормальными функциями распределения:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\ln x - m)^2}{2\sigma^2}\right\}, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

где m – медиана;

σ – среднеквадратическое отклонение.

При нормальном трафике наблюдается равенство соответствующих параметров аппроксимирующих функций распределения интенсивности пакетов (m и σ) исходящего и входящего трафиков, а трафик, подверженный информационно-техническим воздействиям, демонстрирует асимметрию данных распределений.

Таким образом, параметры аппроксимирующей логнормальной функции распределения могут быть использованы в качестве показателей, характеризующих проявления информационно-технических воздействий, например вирусной активности и сканирования.

Анализ экспериментальных реализаций трафика в сетях с пакетной коммутацией позволяет сделать вывод, что распределения значений интервалов между пакетами нормального и подверженного информационно-техническим воздействиям в виде сканирования и вирусной активности трафика аппроксимируются экспоненциальными функциями:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0, \end{cases} \quad (3)$$

где λ – параметр экспоненциальной функции распределения.

Из характеристик распределений следует, что в условиях ИТВ интервал между пакетами (кадрами) сокращается из-за увеличения интенсивности трафика от источника воздействий, что влечет за собой изменение параметра λ .

Таким образом, параметр аппроксимирующей экспоненциальной функции распределения (λ) может служить в качестве показателя, характеризующего проявления вышеприведенных воздействий.

В технологиях, применяемых в сетях с коммутацией пакетов, обеспечивается контроль состояния передачи данных, следовательно, между исходящими и входящими потоками трафика должна быть некая взаимосвязь. Таким образом, на основании этого утверждения можно выделить показатели, которые будут характеризовать взаимосвязь некоторых характеристик исходящего и входящего информационного потока.

Каждый пакет в своем заголовке имеет уникальный адрес назначения, следовательно, количество пакетов с таким уникальным адресом в исходящем потоке в отсутствии ИТВ должно совпадать с числом пакетов с этим же уникальным адресом во входящем потоке. Данное соответствие можно проверить с помощью коэффициента корреляции заголовков исходящих и входящих пакетов с одинаковым уникальным адресом. Очевидно, что в условиях ИТВ таких видов, как вирусная сетевая активность, сканирование и атаки на отказ в обслуживании вышеупомянутый коэффициент корреляции будет принимать более низкое значение.

Таким образом, коэффициент корреляции заголовков пакетов, содержащих уникальный адрес назначения исходящего и входящего трафиков, может выступать в качестве показателя, характеризующего проявления ИТВ, таких как вирусная сетевая активность, сканирование и атаки на отказ в обслуживании:

$$k_{\text{корр}} = \frac{\sum_{l=1}^L (x_l - \bar{x}) \cdot (y_l - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{l=1}^L (x_l - \bar{x})^2 \cdot \sum_{l=1}^L (y_l - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

где x_l – число пакетов с уникальным l -м адресом, присутствующим в позиции адреса источника;

y_l – число пакетов с тем же самым уникальным l -м адресом, присутствующим в позиции адреса назначения;

\bar{x} – среднее число пакетов с уникальным l -м адресом, присутствующим в позиции адреса источника;

\bar{y} – среднее число пакетов с уникальным l -м адресом, присутствующим в позиции адреса назначения;

L – общее число уникальных l -х адресов.

В основе технологий с коммутацией пакетов для обеспечения надежной связи лежит процедура квитирования передачи данных, обеспечиваемая специальными флагами (кодowymi битами), расположенными в служебной части пакета. Так, в случае нормального трафика наблюдается высокая корреляция между исходящими и входящими потоками пакетов трафика с флагами на установление соединения и подтверждением соединения на фиксированном интервале времени. При имеющих место ИТВ типа вирусной сетевой активности и сканирования будет происходить попытка большого количества соединений, которые будут проигнорированы или отброшены на приемной стороне.

Таким образом, коэффициент корреляции между временными рядами интенсивности исходящих и входящих потоков пакетов трафика с флагами на установление соединения и подтверждение соединения может выступать в роли показателя, характеризующего проявления ИТВ, таких как вирусная сетевая активность и сканирование:

$$k_{\text{кор вр}} = \frac{\sum_{t=1}^T (m_t - \bar{m}) \cdot (n_t - \bar{n})}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (m_t - \bar{m})^2 \cdot \sum_{t=1}^T (n_t - \bar{n})^2}}, \quad (5)$$

- где m_t – число исходящих пакетов с флагами на установление соединения на t -м интервале времени;
 n_t – число входящих пакетов с флагами подтверждения соединения на t -м интервале времени;
 \bar{m} – среднее число исходящих пакетов с флагами на установление соединения во временном ряду;
 \bar{n} – среднее число входящих пакетов с флагами подтверждения соединения во временном ряду;
 T – количество интервалов времени, составляющих временной ряд.

Обмен потоками данных на транспортном уровне модели OSI в сетях с коммутацией пакетов происходит в виде сессий. Каждая сессия может характеризоваться множеством параметров, которые можно использовать для выявления информационно-технических воздействий.

Очевидно, что сессии трафика в отсутствие ИТВ по своим характеристикам будут отличаться от сессий трафика в условиях воздействий. Причем отличия между данными сессиями можно выявить, применив кластерный анализ.

Таким образом, в качестве показателя, характеризующего проявления ИТВ, можно использовать коэффициент кластеризации сессий транспортного уровня, показывающий наличие или отсутствие кластеров сессий с параметрами, отличными от нормальных [1, 2]:

$$k_{\text{кл}} = \frac{\sum_{n=1}^{N_{\text{пс}}} R_{i,n}(X_i, X_j)}{N_{\text{пс}}}, \quad (6)$$

где $R_{En}(X_i, X_j)$ – евклидово расстояние между парой сравниваемых сессий i и j с характеристиками X_i и X_j ;

$N_{\text{пс}}$ – количество анализируемых пар сессий.

В качестве одной из характеристик сравниваемых сессий можно использовать процедуру квитирования, выраженную через обратное соотношение числа пакетов с флагом запроса $N_{\text{зап}}$ и ответов на соединение $N_{\text{отв}}$, называемое «коэффициентом связности»:

$$k_{\text{св}} = \frac{N_{\text{отв}}}{N_{\text{зап}}}. \quad (7)$$

Физический смысл данной переменной можно интерпретировать как удельное число ответов на запросы на установление соединения.

В качестве другой, информационной характеристики сравниваемых сессий можно использовать удельное число переданных байт на один пакет:

$$U = \frac{B}{N}, \quad (8)$$

где B – суммарное количество байт, переданное N -м количеством пакетов;

N – общее количество переданных пакетов.

Как показывает экспериментальный анализ, сетевые сессии нормального трафика в условиях отсутствия ИТВ характеризуются двумя кластерами: с низким удельным числом байт и высоким удельным числом байт с одинаковыми высокими коэффициентами связности. В условиях информационно-технических воздействий типа вирусной активности и сканирования будут иметь место попытки установить соединение с множеством адресов путем посылок пакетов с флагами на установление соединения, которые будут проигнорированы и, соответ-

ственно, на которые не будут отправлены ответы с флагами о подтверждении соединения, что приведет к низкому значению коэффициента связности. Так как пакеты с флагами не несут полезной информации (имеют малый размер), будет наблюдаться низкое значение удельного числа байт на один пакет.

Следовательно, использованные в качестве характеристик сравниваемых сетевых сессий коэффициент связности и удельное число переданных байт на один пакет могут характеризовать проявления ИТВ типа вирусной активности и сканирования.

В качестве общих показателей предлагается использовать коэффициенты, характеризующие проявления различных видов ИТВ. В общем виде данные показатели можно представить в следующем виде:

$$k_s = \sum_{a=1}^{A_s} z_{as} \cdot a_s \text{ при } \sum_{a=1}^{A_s} z_{as} = 1 \text{ и } s = \overline{1, S}, \quad (9)$$

где s – вид информационно-технического воздействия;

a_s – параметр трафика, характеризующий проявление s -го ИТВ;

z_{as} – значимость (вес) a -й характеристики пользовательского трафика подсистемы связи АСУ ГИКЦ, выраженной частным показателем a_s в описании проявления s -го ИТВ;

A_s – общее число параметров трафика, характеризующих проявление s -го ИТВ.

В качестве обобщенного показателя предлагается использовать коэффициент, характеризующий суммарное проявление всех видов информационно-технических воздействий:

$$K = 1 - \sum_{s=1}^S z_s \cdot k_s \text{ при } \sum_{s=1}^S z_s = 1 \text{ и } s = \overline{1, S}, \quad (10)$$

где z_s – значимость (вес) s -го ИТВ, выраженного общим показателем k_s , характеризующая степень его влияния на прохождение информационного потока ПУ–КИП.

Измерение и анализ значения данного коэффициента должны позволить принимать решение на обход узлов и (или) каналов связи, подверженных информационно-техническим воздействиям.

Таким образом, представленный набор показателей позволит с высокой степенью достоверности идентифицировать проявления информационно-технических воздействий на узлы и каналы связи, входящие в состав СОСС ГИКЦ, услугами которой в свою очередь пользуются тракты ПУ–КИП.

Список используемых источников

1. *Афонцев Э.В., Поршнев С.В.* Методика выявления аномальной сетевой активности на основе анализа заголовков пакетов транспортного уровня // Научные труды международной научно-практической конференции «Связь-Пром 2005» в рамках II Евро-Азиатского международного форума «Связь-Промэкспо 2005». – Екатеринбург: ЗАО «Компания Реал-Медиа», 2005. – С. 52–56.

2. *Богатырев Е.А., Петров В.В.* Статистический анализ сетевого трафика // Сборник материалов X Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – М.: МЭИ, 2004. – С. 58–67.

3. Концепция перевода системы связи Вооруженных Сил РФ на цифровые способы передачи и коммутации информации. – МО РФ, 2004. – 132 с.

4. Целевая комплексная программа работ по поэтапному переводу первичной сети связи Вооруженных Сил Российской Федерации на цифровое телекоммуникационное оборудование. – МО РФ, 2004. – 173 с.

Я.А. Скороходов;
В.А. Каргин,
кандидат технических наук, доцент

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ США В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ДОГОВОРА О МЕРАХ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ СОКРАЩЕНИЮ И ОГРАНИЧЕНИЮ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАСТУПАТЕЛЬНЫХ ВООРУЖЕНИЙ

Изложена методика оценивания результатов летных испытаний баллистических ракет США в условиях действия Договора между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений.

Ключевые слова: баллистические ракеты США, летные испытания, стратегические наступательные вооружения.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее объективные оценки качества ракетного вооружения, боевых и летно-технических характеристик ракетных комплексов противника могут быть получены по информации о результатах летных испытаний. Начиная с 50-х годов для контроля результатов испытаний ракетной техники иностранных государств РФ применяла национальные технические средства контроля (НТСК), расположенные на суше, в море, в космическом пространстве. Но в период политико-экономического кризиса страны в 90-х годах XX века и стагнации вооруженных сил большинство НТСК были ликвидированы, что негативно отразилось на способности контроля испытаний стратегических вооружений США.

В 1991 году между СССР и США был заключен Договор о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений (Договор о СНВ-1) [3], который предоставил широкие возможности по контролю характеристик баллистических ракет (БР) США. За период действия Договора о СНВ-1 трудами многих организаций было создано научно-методическое обеспечение обработки и анализа измерительной информации ракетно-космического вооружения (РКВ) США, которое позволяло на достаточно высоком научном уровне решать поставленные задачи по контролю соблюдения договорных обязательств американской стороной.

Механизм взаимного контроля стратегических наступательных вооружений (СНВ) между РФ и США на основе использования телеметрической информации (ТМИ) претерпел существенные изменения с момента окончания срока действия Договора о СНВ-1. Ратификация в 2011 году нового Договора о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений (Договора о СНВ-3) [2] не способствовала необходимому повышению качества контроля над стратегическим вооружением США. В связи с этим, безусловно, важным является разработка комплексного подхода к оцениванию результатов летных испытаний ракет США с учетом накопленных знаний и опыта.

В статье предлагается методика оценивания результатов летных испытаний БР США в условиях действия Договора о СНВ-3.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОЦЕНИВАНИЕМ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРАТЕГИЧЕСКИХ РАКЕТ США В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ДОГОВОРА О СНВ-3

К настоящему времени американской стороной представлены носители ТМИ более чем по 190 пускам ракет и 700 элементам боевого оснащения (БО). В результате обработки и анализа полученных телеметрических данных систематизирована информация о бортовых телеметрических системах ракет США и принципах их функционирования.

В рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ накоплен большой опыт идентификации структуры и состава ТМИ БР, произведена идентификация информационно-ценных параметров (ИЦП) применительно к различным бортовым системам, что позволило определить летно-технические характеристики (ЛТХ) ракет США.

Условиями Договора о СНВ-3 [2, 4] налагаются ограничения на область применения разработанных научно-методического и программно-математического обеспечения оценивания ЛТХ ракет США, которые выражаются в следующем:

1. Договор о СНВ-3 определяет порядок и правила обмена ТМИ, при котором государства – участники Договора не имеют возможности в полном объеме получать по дипломатическим каналам измерительную информацию, выработанную в процессе проведения летных испытаний БР [2]. Это обусловлено ограничением на количество пусков, по которым осуществляется обмен результатами телеизмерений (не более пяти пусков в каждый год). Так, например, начиная с момента действия Договора (2011), в 2012 и 2013 годах от американской стороны получены носители ТМИ и данные для анализа всего по одному пуску БРПЛ «Трайдент-2» в каждый год, проведенных в августе 2011 года и апреле 2012-го соответственно. Очевидно, что при таких условиях нет возможности осуществлять полный контроль за состоянием и динамикой развития СНВ вероятного противника.

2. Изменились условия предоставления ТМИ, выработанной в ходе проведения летных испытаний (ЛИ) объектов РКВ США. В соответствии с главой II Приложения по телеметрии к Протоколу Договора о СНВ-3 [4] сторонами предоставляются друг другу описание и способы кодирования результатов измерений для передаваемой в эфир ТМИ до момента отделения автономного блока разведения (АБР) от третьей ступени. Стороны не обмениваются ТМИ, вырабатываемой внутри боеголовок (БГ) или внутри иных объектов, установленных на межконтинентальных баллистических ракетах (МБР) или баллистических ракетах подводных лодок (БРПЛ) с целью доставки в верхние слои атмосферы или космос. Следовательно, отсутствует представляющая особый интерес информация на участке разведения БГ (после отделения АБР от 3-й ступени), а также ТМИ, вырабатываемая внутри БГ или иных отделяемых объектов, позволяющая составить образ элементов БО. Единственным источником информации на участке работы АБР при построении боевых порядков и вырабатываемой внутри БГ является ТМИ НТСК.

3. Следует отметить, что в настоящее время в условиях действия Договора о СНВ-3 отсутствуют ограничения на стартовую массу ракет и забрасываемый вес, а также количество боезарядов, числящихся за данным типом вооружения, что делает обмен ТМИ нецелесообразным. Для создания необходимых условий обмена ТМИ в Договоре должны присутствовать положения, ограничивающие ЛТХ испытываемых ракет.

4. По положениям Договора о СНВ-1 [3] в пояснительных данных по пускам ракет предоставлялся контрольный график ускорения, а также наименования параметров и их размещение, коэффициенты или аналитические выражения для преобразования ТМИ в физические значения для определения ускорения ступеней и АБР в прямоугольной инерциальной системе координат. Масштабирование до физических величин и временная привязка параметров БО производились по параметрам ракет-носителей (РН). В условиях современного Договора о СНВ-3 такая информация отсутствует.

5. ТМИ, перехватываемая НТСК, обладает рядом отличительных особенностей, которые в большинстве случаев не позволяют использовать научно-методическое обеспечение получения оценок ЛТХ по ТМИ, предоставляемой по Договору о СНВ-1 (например, невозможность использовать численный метод, основанный на формуле Циолковского, для определения забрасываемого веса в случае неполного участка полета 3-й ступени). Интервалы регистрации и качество ТМИ НТСК не подлежит опубликованию в источниках открытой печати.

В данных обстоятельствах РФ вынуждена уделять особое внимание НТСК, наращивать орбитальные группировки космических аппаратов, создавать наземные и морские отдельные командно-измерительные комплексы в непосредственной близости от районов летных испытаний БР США с целью получения группового телеметрического сигнала (ГТС), дальнейшей его обработки и анализа, оперативного контроля за направлением и динамикой развития СНВ. Количество оценок ЛТХ по ТМИ, зарегистрированной НТСК, и их точность зависит от интервалов времени регистрации и качества информации.

Для повышения точности оценок ЛТХ и адаптации методик их вычисления к значительному повышению зашумленности и фрагментированности ТМИ необходимо разрабатывать новые робастные алгоритмы обработки и анализа ТМИ, инвариантные к данным условиям.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ США

На основе достигнутых научных результатов за период действия Договора о СНВ-1 [1] и учитывая новые условия, о которых говорилось ранее, разработана методика оценивания результатов ЛИ РКВ США (рис. 1).

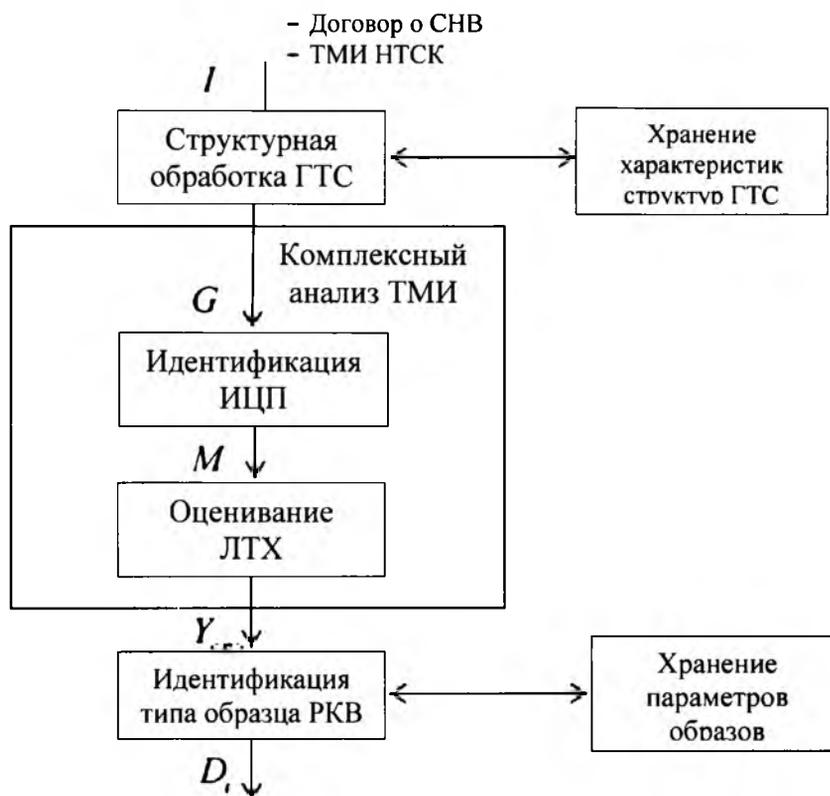


Рис. 1. Методика оценивания результатов ЛИ РКВ США

Источниками информации I для оценки ЛТХ стратегических ракет (СР) США и их БО являются материалы, полученные по дипломатическим каналам в соответствии с Договором о СНВ, и ТМИ НТСК (в большей степени). Исходная телеметрическая информация поступает в блок структурной обработки ГТС. В нем производятся операции по идентификации структуры ГТС [1, 6], которые заключаются в определении числа бит в слове, слов в кадре, скорости передачи информации, числа независимо синхронизируемых субкадров, кадровой синхронизации, наличия суперкоммутации, типа данных, наличия смены формата кадра, наличия фрагментированных слов, наличия вставки асинхронных данных, наличия маркированных данных и т. д.

На этапе преобразования, анализа и идентификации ИЦП выполняется приведение параметров к виду, удобному для дальнейшего использования. Это достигается путем выполнения следующих операций:

- отбраковкой аномальных измерений, сглаживанием, усреднением измеренных параметров;
- целесообразным уменьшением отсчетов выбранных параметров и представлением их на нужном интервале времени минимальным количеством данных без существенного снижения информационного содержания;
- определением оценок измеренных параметров в физических величинах и их привязкой к заданному моменту времени.

Здесь же осуществляется классификация телеметрируемых параметров (ТМП).

В качестве признаков классификации используются следующие качественные особенности отображения воспроизводимых параметров:

- динамика поведения параметров во времени, позволяющая провести их деление на быстро- и медленноменяющиеся параметры;
- характер отображения контролируемых физических процессов, приводящий к делению параметров на константы, счетчики, сигнальные, функциональные, диапазонные (сервисные) и функционально-диапазонные;
- наличие общих временных интервалов, относящихся к моментам функционирования определенных систем (работа какой-либо ступени, всех ступеней, АБР, астрокоррекции и т. д.).

Выходными данными блока является программа телеизмерений M .

Идентификация в структуре ГТС ИЦП (проекций кажущегося ускорения, давлений в камере сгорания двигательной установки (ДУ) и т. д.) и других вспомогательных параметров позволяют оценивать характеристики, которые разделены на несколько групп.

1. Энергомассовые характеристики ДУ ступеней и АБР.
2. Кинематические параметры траектории полета центра масс ракеты и вокруг центра масс на активном участке и спрогнозированные параметры движения отделяющихся элементов на пассивном участке траектории.
3. Параметры системы управления [5].
4. Характеристики боевых возможностей.
5. Оценки зон радиовидимости измерительных пунктов США.

Используя результаты ИЦП параметров и разработанные методические подходы, стало возможным определить направления сил и моментов, создаваемых ДУ АБР СР США, алгоритмы ее работы, восстановить схему размещения посадочных мест элементов боевого оснащения на платформе АБР, порядок их отделения, что может быть использовано для селекции БГ, несущих ядерный заряд, и ложных целей.

Решение задач оценивания ЛТХ ракет и их БО представляется возможным, если использовать полученные в результате обработки ранее предоставленной ТМИ статистические

оценки масштабных коэффициентов и других характеристик, знания об алгоритмах работы систем управления, о применяемых системах координат и т. д.

В блоке идентификации типа образца РКВ производится выбор состава информативных признаков $Y_{<n>}$, необходимых для распознавания типа испытанного образца РКВ с максимальной достоверностью. На выходе блока получают результат распознавания D_i , заключающийся в отнесении наблюдаемого объекта РКВ к одному из заранее заданных типов или в создании нового типа, при этом в первом случае происходит уточнение типа, а во втором – добавление в базу знаний нового образа и построение классифицирующего правила.

Использование специального программно-математического обеспечения, разработанного на основе представленного научно-методического аппарата, позволит оценивать ЛТХ как ракет, так и элементов БО не только по полному объему телеизмерений, но и по их отрывочным фрагментам, что повысит оперативность обработки и анализа ТМИ НТСК. Дальнейшие исследования по данной тематике целесообразно проводить в направлении разработки и комплексирования методов и средств теорий робастных оценок и распознавания образов, обеспечивающих дальнейшее повышение интеллектуализации и совершенствование математического, методического и специального программного обеспечения комплексов обработки и анализа ТМИ ракет США.

Список используемых источников

1. *Байгушев А.П.* Методики статистико-лингвистической идентификации телеметрической информации МБР и БРПЛ США: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – МО РФ, 2004. – 172 с.
2. Договор между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений, 2011.
3. Договор между СССР и США о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений, 1991.
4. Протокол к Договору между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений, 2011.
5. *Скорородов Я.А.* Методические положения по оцениванию избытков кажущейся скорости на примере МБР США «МХ» // Сборник трудов XVIII научно-практической конференции космодрома «Плесецк». – 1 ГИК МО РФ, 2011. – 274 с.
6. IRIG-106-13 Телеметрические стандарты США, 2013.

А.П. Алёшкин,
доктор технических наук, профессор;
Т.О. Мысливцев,
доктор технических наук

КОМПЕНСАЦИЯ НЕИДЕНТИЧНОСТИ ТРАСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДУПЛЕКСНОГО МЕТОДА СЛИЧЕНИЯ ШКАЛ УДАЛЕННЫХ СИНХРОНИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА ОПОРНОЙ ФУНКЦИИ ПО ЭФЕМЕРИДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

При реализации дуплексного метода сличения шкал удаленных синхронизаторов предлагается использовать опорную функцию для парирования динамики и удобства прогнозирования аппроксимируемых процессов.

Показана целесообразность формирования опорной функции на основе перехода к аппроксимирующим процедурам разностных значений измеряемых параметров с использованием восстановления их аналогов на основе штатной эфемеридной информации.

Ключевые слова: дуплексный метод сличения шкал, компенсация неидентичности трасс распространения сигналов.

При использовании дуплексного метода сличения временных шкал [3] необходимо обеспечить идентичность трасс при встречном распространении сигналов.

Сложности возникают при отсутствии возможности выполнения одномоментных измерений задержки распространения радиосигнала по указанным трассам за счет непрерывного изменения состояния динамической системы. Подобные изменения происходят при измерении задержки распространения сигналов между удаленными синхронизаторами, если трасса распространения проходит по спутниковым радиоканалам.

Таким образом, при выполнении сличения шкал в динамической системе [2] требуется парировать изменения трассы распространения сигналов во встречных направлениях, вызванные прежде всего орбитальным движением носителя и динамикой системы ретранслирующей аппаратуры.

Парировать динамику изменения измеряемого параметра возможно, используя прецизионное описание модели орбитального движения КА-ретранслятора.

В настоящее время самая высокая точность описания модели движения КА в реальном масштабе времени соответствует навигационным КА (НКА) отечественной спутниковой системы ГЛОНАСС [1].

Возможны различные варианты парирования динамики при сличении шкал времени с использованием измерений, выполненных в несовпадающие временные интервалы.

Один из них заключается в реализации следующего способа. Штатное функционирование системы ГЛОНАСС предполагает использование эфемеридной информации, которая доступна потребителю в реальном масштабе времени. При этом скоростные компоненты движения центра масс НКА характеризуются погрешностью, которая в течение суток не выходит за пределы 0,1 м/с.

В кадре сообщения, передаваемого НКА потребителям, содержится информация об эфемеридах в узловых точках, в промежутках между которыми возможно размножение эфемерид путем интерполяции с использованием аппроксимирующих полиномов или интегрирования соответствующих дифференциальных уравнений.

Таким образом, рост погрешности в пересчете в радиальноскоростные измерения на получасовом интервале будет менее десятых долей сантиметра. Это позволяет утверждать, что функция суммарной временной задержки на объединенном интервале измерений, рассчитанная по эфемеридным данным, оказывается практически невозмущенной по радиальноскоростной компоненте.

Иными словами, если измерения суммарной задержки выполняются в штатном режиме, то разностная функция реальных измерений и их аналога, рассчитанного по эфемеридам, при наличии сдвига шкалы времени будет иметь практически постоянный характер.

Для удобства описания способа примем следующие допущения:

- эфемериды известны без погрешностей;
- математическая модель, используемая для их размножения, адекватно и точно учитывает весь комплекс сил и возмущений, действующих на НКА в полете;
- измерения, проводимые РЭС, свободны от всевозможных погрешностей;
- координаты фазовых центров антенн РЭС также известны с абсолютной точностью;
- удаленные синхронизаторы формируют совпадающую шкалу времени;
- бортовая аппаратура ретрансляции не вносит дополнительных погрешностей и дает возможность одновременного проведения прямых и встречных измерений.

Тогда функция измерений суммарной задержки и ее аналог, рассчитанный по эфемеридам, совпадают, а следовательно, их разность равна нулю.

Допустим, что в эфемеридной информации присутствуют погрешности, соответствующие штатному режиму функционирования.

Поскольку динамика изменения функции реальных измерений и ее аналога, рассчитанного по эфемеридам, неизменна, то разностная функция теперь не нулевая, а практически постоянная величина, характеризуемая линейным полиномом с малым тангенсом наклона (для случая неточного математического воспроизведения реальных физических процессов, определяющих движение НКА).

Если одновременные прямые и встречные измерения невозможны, то разностная функция состоит из двух отрезков.

Первый соответствует измерениям времени распространения сигнала в прямом направлении, затем следует разрыв, обусловленный необходимостью перестройки бортовой аппаратуры ретрансляции на встречные измерения, и второй отрезок, соответствующий измерениям по трассе в обратном направлении.

Поскольку физически функция суммарной задержки определяется одними и теми же источниками излучений и общим ретранслятором (НКА), то при отсутствии рассогласования шкал и промежутка времени, необходимого для перестройки бортовой аппаратуры, она будет представлять собой непрерывную гладкую дифференцируемую функцию.

Теперь, если допустить разрыв, обусловленный необходимостью перестройки бортовой аппаратуры, то получим два отрезка одной и той же функции, смысл которых описан ранее.

Если получившимся отрезкам поставить в соответствие рассчитанные по эфемеридам аналоги, то разностная функция также будет представлять два отрезка, каждый из которых близок по динамике к полиному нулевого порядка. Удобство этого полинома (предоставленное возможностью воспроизвести измеряемый параметр по эфемеридам) дает очевидное преимущество в простоте прогнозирования (экстраполяции) значений разностной функции.

Вернемся к исходным (неразностным) отрезкам.

Если бы технически прямые и встречные измерения выполнялись одновременно, то при отсутствии динамики НКА и сдвига шкал мы получили бы совпадающие кривые суммарной задержки для прямой и встречной трасс.

Допустим наличие рассогласования шкал времени, по которым выполняется засечка времени распространения сигналов во встречных направлениях, получим постоянный сдвиг одной кривой суммарной задержки относительно другой.

Построение разностной функции дает постоянную линию и возможность рассчитать уход шкалы.

При отсутствии возможности проводить одновременные прямые и встречные измерения невозможно сформировать указанную разностную функцию. Однако возможно сформировать виртуальные прямые измерения, воспроизведя закон их изменения на моменты времени проведения реальных встречных измерений, и, наоборот, для встречных измерений сформи-

ровать виртуальные измерения, соответствующие моментам времени проведения реальных прямых измерений.

Если воспользоваться эфемеридной информацией, то аппроксимировать придется разностную функцию, которая сформирована вычитанием функции реальных измерений из принимаемой за опорную функции величин, рассчитанных по эфемеридам. Как указывалось выше, она будет описываться полиномом первого порядка.

Тогда при отсутствии рассогласования шкал времени получим совпадающие прямые для спрогнозированных отклонений прямых и встречных измерений от их рассчитанных по эфемеридам аналогов.

Если же шкалы удаленных центральных синхронизаторов рассинхронизированы, то указанные отклонения не совпадут, а соответствующие им прямые будут расположены одна под другой. При этом разностная функция, сформированная по данным прямым, характеризует удвоенное значение несовпадения шкал удаленных синхронизаторов.

Изложенное, по сути, описывает способ парирования динамики при невзаимных трассах распространения прямых и встречных сигналов при реализации дуплексного метода сличения шкал с использованием НКА.

Таким образом, наличие эфемерид позволяет практически в любой момент времени сформировать расчетное значение измеряемого при сличении шкал времени параметра – суммарной задержки распространения сигнала по трассе РЭС1 – НКА-ретранслятор – РЭС2 и в обратном (встречном) направлении.

Эфемеридная информация может быть использована также для формирования расчетных аналогов измеряемого параметра (виртуальных измерений) на интересующие моменты времени, т. е. на моменты, в которые реальные измерения выполнить не представляется возможным в силу специфики текущего функционирования бортовой аппаратуры.

Благодаря известной прецизионности текущих эфемерид можно с уверенностью рассчитывать на совпадение динамики функций измеряемой и рассчитываемой по эфемеридам временной задержки.

Поскольку динамика изменения траектории распространения сигнала практически полностью учтена в функции измеряемого параметра (или, что то же самое, ее аналога, рассчитываемого по эфемеридам), то, формируя разности измеряемых и рассчитанных по эфемеридам параметров, можно получить разностную функцию практически с отсутствующей динамикой, что с большим запасом «прочности» по динамической погрешности при использовании линейной модели аппроксимации позволит парировать факт неодномоментности разнесенных во времени измерений. Далее выполняется линейное прогнозирование разностной функции на продолжительный временной интервал практически без динамической ошибки.

Указанная операция выполняется как для прямых, так и для обратных измерений задержки. При этом экстраполяция производится на заданный интервал времени, являющийся общим для рассматриваемых измерений.

По имеющимся эфемеридным данным осуществляется расчет вектора состояния НКА на моменты проведения измерений РЭС1 и РЭС2.

Далее вычисляются с использованием информации о местоположении фазовых центров антенн векторов расчетные значения задержки сигналов на моменты времени, совпадающие с моментами реальных измерений, выполненных обеими РЭС.

Иными словами, по эфемеридам формируются расчетные векторы прямых и обратных задержек $\vec{\tau}_{\Sigma}^{1э}$, $\vec{\tau}_{\Sigma}^{2э}$, «засинхронизированные» с реальными измерениями.

Далее следует пересчитать полученные векторы на моменты времени, соответствующие интервалу, на котором необходимо выполнить сличение реальных измерений временных задержек.

Получим два вектора для рассчитанных по эфемеридам значений задержек $\vec{\tau}_{\Sigma}^{1эп}$, $\vec{\tau}_{\Sigma}^{2эп}$ на совпадающие моменты времени.



Сформируем теперь разностные векторы, показывающие приращения суммарной дальности, полученной по эфемеридам, от моментов выполнения реальных измерений до точек, в которые выполняется прогнозирование:

– для прямых измерений

$$\overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{1z} = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{1zn} - \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{1z};$$

– для встречных измерений

$$\overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{2z} = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{2zn} - \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{2z}.$$

Далее справедливо предположение, что при обеспечении необходимой точности расчета эфемерид приращение времени распространения совпадает с приращением, которое могло бы быть получено по такому же алгоритму для реальных векторов измерений.

Иными словами, используя векторы приращений временной задержки, полученные по эфемеридной информации, можно свести векторы реальных оценок измерений, выполненных РЭС1 и РЭС2, на совпадающие моменты времени.

Формируем приведенные значения оценок векторов измерений временной задержки, т. е. их прогнозные значения с использованием следующих соотношений:

$$\overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{1n} = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{1z} + \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{1z}; \quad \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{2n} = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{2z} + \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{2z}.$$

Теперь определим вектор разности $\overrightarrow{\Delta\tau} = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{1n} - \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{2n}$, с использованием которого формируется вектор расхождений шкал времени $\widehat{\delta t} = \widehat{\Delta\tau}/2$.

Для надежного парирования динамики целесообразно использование полиномиальной аппроксимации разностной функции, сформированной по эфемеридной информации.

Вначале формируем массивы разностей векторов задержек, рассчитанных по эфемеридам, и реальных измерений для соответствующих РЭС:

$$\overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^1 = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{1z} - \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^1; \quad \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^2 = \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^{2z} - \overrightarrow{\tau}_{\Sigma}^2.$$

Далее выполняем статистическое сглаживание разностных данных с использованием процедур полиномиальной аппроксимации.

Аналитическое представление разностной функции временной задержки реализуется в соответствии с соотношениями:

$$\overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^1 = A_1(A_1^T A_1)^{-1} A_1^T \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^1; \quad \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^2 = A_2(A_2^T A_2)^{-1} A_2^T \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^2,$$

а их приведение к совпадающим моментам времени при использовании выражений:

$$\overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{1n} = A_1^n \dot{a}_1; \quad \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{2n} = A_2^n \dot{a}_2.$$

Теперь формируем вектор разности:

$$\overrightarrow{\Delta\tau} = \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{1n} - \overrightarrow{\Delta\tau}_{\Sigma}^{2n},$$

при использовании которого определяется вектор расхождения шкал времени:

$$\widehat{\delta t} = \widehat{\Delta\tau}/2.$$

Описанные процедуры прошли апробацию в процессе статистического моделирования, выполненного по методу Монте-Карло и подтвердившего целесообразность их реализации при обработке экспериментальных данных.

В табл. 1, 2 и 3 приведены результаты статистического моделирования.

Эфемеридная информация использована для спутников ГЛОНАСС №№ 731, 732 и 735.

Анализ представленных в табл. 1, 2 и 3 данных позволяет утверждать, что при использовании предложенной методики обеспечивается приемлемая устойчивость к текущему возмущению эфемеридной информации и координатных данных о фазовых центрах антенн измерителей. При этом следует указать, что возмущение координатных компонент вектора эфемерид влияет существенно меньше, чем скоростных.

Таблица 1

Ошибки обусловленные неточностью эфемеридного обеспечения

Погрешность положения НКА, м	Разность встречных трасс распространения, см	Погрешность скорости НКА, см/с	Разность встречных трасс распространения, см
± 2	0.062206	± 10	-2.024466
± 4	0.124406	± 15	-2.999395
± 6	0.186610	± 20	-3.970176
± 8	0.248814	± 25	-4.936815

Таблица 2

Ошибки обусловленные неточностью эфемеридного обеспечения

Погрешность положения НКА, м	Погрешность скорости НКА, см/с	Разность встречных трасс распространения, см
± 2	± 10	-2.086676
± 4	± 15	-3.123809
± 6	± 20	-4.156806
± 8	± 25	-5.185656

Таблица 3

Влияния смещения фазового центра антенны МЗИС

Смещение фазового центра антенны МЗИС1, м	Смещение фазового центра антенны МЗИС2, м	Разность встречных трасс распространения, см
± 1	± 1	7.275957e-007
± 5	± 5	7.275957e-007
± 10	± 10	7.275957e-007
± 20	± 20	7.275957e-007

В процессе статистического моделирования, выполненного по методу Монте-Карло, установлено, что погрешность выполнения процедуры сличения шкал времени с использованием эфемеридного обеспечения для парирования динамики невязки трасс распространения сигнала при реализации двухпутевого метода не превышает 0,1 нс, если погрешность скоростных компонент эфемерид не хуже 0,1 м/с и 0,25 нс, если погрешность скоростных компонент эфемерид не хуже 0,25 м/с.

При использовании эфемеридных данных удастся с наибольшей точностью воспроизвести динамику функции измеряемого параметра, однако для этого требуется обеспечить заданный уровень погрешности расчета эфемерид и фазового центра антенн измерителей. С другой стороны, выигрышным представляется то обстоятельство, что этот способ свободен от проблем измерительного канала.

Вместе с тем, как показало статистическое моделирование, для реализации предложенного способа достаточно текущей точности эфемеридного обеспечения, предусмотренного штатной технологией функционирования СНС ГЛОНАСС.

Список используемых источников

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
2. Основы радионавигационных измерений. / В.А. Губин, А.А. Костылев и др.; под ред. Н.Ф. Ключева. – МО СССР, 1987. – 429 с.
3. Радиоэлектронные средства частотно-временного обеспечения / В.И. Андрианов, А.Н. Балыков, М.И. Еремин и др. – МО РФ, 2000. – 182 с.

Е.М. Дворецкий;
Ф.Ф. Замалиев;
Е.В. Козин,
кандидат технических наук, доцент
Ю.Н. Симонов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ОРТОФОТОПЛАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА AGISOFT PHOTOSCAN И ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ФОТОМОД

В статье рассмотрены методики и выполнен сравнительный анализ создания цифрового ортофотоплана посредством обработки данных дистанционного зондирования Земли, полученных беспилотным летательным аппаратом с использованием цифровой фотограмметрической станции ФОТОМОД и программного обеспечения Agisoft Photoscan.

Ключевые слова: ортофотоплан, топографическая и геодезическая информация, цифровая фотограмметрическая станция.

Данная статья продолжает серию публикаций по внедрению в учебный процесс кафедрой фототопографии и фотограмметрии факультета топогеодезического обеспечения и картографии ВКА имени А.Ф. Можайского современных технологий фотограмметрической обработки цифровых снимков, полученных беспилотными летательными аппаратами (БЛА).

Актуальность названной темы исследования объясняется рядом причин.

Умелое использование современных средств съемки и средств цифровой обработки ее результатов способствуют получению в короткий промежуток времени надежных, точных и подробных сведений о противнике. В условиях современной войны успешное решение этой задачи влияет на исход боя, так как боевые возможности войск обеих сторон будут резко повышаться и, как никогда прежде, придавать боевым действиям решительность, маневренность и скоротечность в ходе их ведения и расширения по фронту и в глубину. Первостепенное значение для развития успеха в современном бою имеет фактор времени. Считается, что исход боя смогут решить не только дни или часы, но даже минуты. Это требует от подразделений, выполняющих аэрофотосъемку и фотограмметрическую обработку полученных материалов, чрезвычайно быстрой реакции на обстановку, быстрой и основательной обработки и дешифрирования полученной информации и ее незамедлительной передачи заинтересованным войскам и штабам. Пользователь аэрофотоснимков или фотодокументов тоже должен хорошо знать свойства и возможности аэрофотоснимка. Неконкретная и недостаточно четкая постановка задачи на аэрофотосъемку не способствует ее успешному выполнению. В результате повышаются требования к своевременности, достоверности и непрерывности поступления топогеодезической информации.

Целесообразность применения беспилотных летательных аппаратов при топогеодезическом обеспечении действий войск определена необходимостью обеспечения штабов и войск достоверной, современной и точной топогеодезической информацией для принятия решений, оценки местности.

При подготовке и ведении боевых действий в рамках топогеодезического обеспечения создаются цифровые фотодокументы, позволяющие произвести оценку местности, выполнить координатную привязку своих войск и осуществить целеуказание средствам вооружения. Создание цифровых фотодокументов осуществляется с использованием цифровой фотограмметрической станции (ЦФС) ФОТОМОД и специального программного комплекса (ПК) ГИС ПАНОРАМА, принятых на вооружение ВС РФ.

К основным фотодокументам, изготавливаемым в целях топогеодезического обеспечения войск, относятся:

- аэрофотоснимки (ортофотоснимки);
- фотосхемы (ортофотосхемы);
- фотопланы (ортофотопланы);
- фотокарты (ортофотокарты).

Данные фотодокументы создавались в аналоговом виде, размножались и доводились до войск на бумажном носителе. В настоящее время фотодокументы изготавливаются с использованием цифровых методов и доводятся до войск в цифровой форме.

Условия выполнения эксперимента. На экспериментальный район имеются материалы съемки с БЛА. Съемка выполнена с борта БЛА ZALA 421-04Ф со скоростью 72 км/ч. Блок снимков состоит из 7 маршрутов по 5–6 снимков в каждом. Базис фотографирования на местности составил 100–110 м, а расстояния между маршрутами – 170 м, при этом продольные и поперечные перекрытия снимков составили 75 и 40 % соответственно. Общее число снимков в блоке – 40. Использовалась предварительно откалиброванная цифровая камера Canon EOS 550D с фокусным расстоянием 28,5838 мм, размером пиксела матрицы 4,8 мкм и разрешением снимков 4752×3168 пикселей (390×260 м на местности). Высота залета над местностью составила около 500 м, размер пиксела на местности приблизительно равен 8 см, масштаб снимков 1/17000. Смещения точек из-за поступательного перемещения камеры составили 0,02 м при фотографировании с выдержкой 1/1000 с.

На местности были измерены и промаркированы 9 опорных точек, точность координат опорных точек не превышала 10 см. Общей перепад высот местности протяженностью около одного километра достаточно большой ~ 70 м.

Ожидаемая (априорная) точность определения координат точек по стереопаре составила 0,04 м в плане и 0,2 м по высоте.

Ожидаемая (априорная) точность определения координат точек по фотограмметрической сети составила 0,37 м в плане и 1,2 м по высоте.

Аэрофотосъемка с БЛА принципиально не отличается от съемки с «больших самолетов», но имеет определенные особенности. Полет БЛА, как правило, производится с крейсерской скоростью 70–110 км/ч (20–30 м/с) в диапазоне высот 300–1500 м. Для съемки обычно используются неметрические бытовые камеры с размером матрицы 10–20 мегапикселей. Фокусное расстояние камер обычно составляет около 50 мм (в 35 мм эквиваленте), что соответствует размеру пикселя на местности (GSD) от 7 до 35 см.

Для использования камеры в качестве измерительного инструмента при проведении разнообразных фотограмметрических работ необходимо выполнить калибровку. Чтобы решить задачи калибровки, используется специализированное программное обеспечение.

Параметры, определяемые в процессе калибровки:

- фокусное расстояние;
- координаты главной точки;
- параметры модели дисторсии.

Все параметры определяются в результате многократного совместного решения обратной фотограмметрической засечки по способу наименьших квадратов по снимкам пространственного тест-объекта с избыточностью измерений порядка 20 раз, что обеспечивает высокую точность определений.

Далее производилась фотограмметрическая обработка полученных снимков с целью создания цифрового ортофотоплана. Ортофотоплан создавался с использованием ЦФС ФОТОМОД и ПК Agisoft PhotoScan.

ЦФС ФОТОМОД предназначен для выполнения полного цикла фотограмметрической обработки материалов съемки в центральной проекции или материалов сканерной съемки. Для функционирования ЦФС ФОТОМОД необходимы соответствующие аппаратные средства и

программное обеспечение. В состав ПК входит управляющая оболочка ЦФС PHOTOMOD Core и 11 основных модулей:

- PHOTOMOD AT – подготовка данных для фототриангуляции;
- PHOTOMOD SolverA – уравнивание сетей фототриангуляции для снимков в центральной проекции;
- PHOTOMOD SolverS – уравнивание сетей фототриангуляции для сканерных снимков;
- PHOTOMOD DTM – построение ЦМР;
- PHOTOMOD StereoDraw – стереовекторизация и трехмерное моделирование;
- PHOTOMOD Mosaic – построение ортофотопланов;
- PHOTOMOD VectOr – создание цифровых карт местности (в монорежиме);
- PHOTOMOD StereoVectOr – параллельная работа с картой VectOr в моно- стереорежимах;
- PHOTOMOD StereoACAD – 3D-векторизации изображений в стереорежиме в среде AutoCAD;
- PHOTOMOD StereoLink – стереосъемка объектов местности в среде MicroStation;
- PHOTOMOD ScanCorrect – геометрическая калибровка планшетных сканеров.

Кроме модулей, ЦФС ФОТОМОД включает набор вспомогательных утилит, предназначенных для создания системы ресурсов, управления размещением данных, подготовки растровых изображений и т. п.

Методика обработки снимков с использованием ЦФС ФОТОМОД:

- подготовительные работы;
- построение фотограмметрической сети;
- построение ЦМР;
- трансформирование снимков и создание ортофотоплана;
- импорт данных в ГИС ПАНОРАМА для векторизации ортофотоплана.

ПК AGISOFT PHOTOSCAN разработан ООО «AgiSoft» и является инновационной исследовательской компанией по разработке программ для автоматического 3D-моделирования и картирования на базе технологии компьютерного зрения.

Agisoft PhotoScan позволяет автоматически создать высококачественную 3D-модель объекта на основе цифровых снимков, привязать ее по центрам фотографирования и/или по наземным точкам, сформировать из полученной модели ортофотоплан и матрицу высот. Результаты можно вывести в самых распространенных форматах. По материалам аэрофото съемки программа позволяет получать ортофотоплан и матрицу высот, соответствующие требованиям точности топографических планов масштаба 1:5000 и 1:500. Для реконструкции объекта в PhotoScan достаточно загрузить фотографии, никакой дополнительной информации не требуется. Восстановленную текстурированную 3D модель можно сохранить в различных форматах – VRML, Wavefront OBJ, 3DS, Stanford PLY, COLLADA, PDF, U3D.

PhotoScan способен обрабатывать любые фотографии, снятые любым цифровым фотоаппаратом с любых ракурсов. Главное, чтобы каждый элемент реконструируемого объекта был виден хотя бы с двух позиций съемки. Если в программу ввести хотя бы одно расстояние между точками объекта или позициями съемки, PhotoScan восстанавливает масштаб всей модели и позволяет определять расстояния между любыми точками объекта и вычислять площадь и объем объекта или его частей.

Если в программу ввести координаты хотя бы трех точек объекта или трех позиций съемки, PhotoScan автоматически привязывает модель к данной системе координат, позволяет вычислять проекцию модели на заданную поверхность (ортофотоплан), матрицу высот относительно заданной поверхности (DEM), сохранять ортофотоплан и DEM в различных форматах и системах координат.

Процесс обработки фотографий полностью автоматизирован и не требует предварительной калибровки камер или ручной маркировки фотографий.

Методика обработки снимков в AGISOFT PHOTOSCAN:

- подготовительные работы;
- построение фотограмметрической сети;
- построение ЦМР;
- трансформирование снимков и создание ортофотоплана;
- импорт данных в ГИС ПАНОРАМА для векторизации ортофотоплана.

В табл. 1 представлена точность построения цифрового ортофотоплана (отклонения плановых координат на опорных точках и ошибки определения высот) различными методиками.

Таблица 1

Точность построения цифрового ортофотоплана (отклонения плановых координат на опорных точках и ошибки определения высот) различными методиками

№ точки	PHOTOMOD		PHOTOSCAN	
	X, Y (м)	Z (м)	X, Y (м)	Z (м)
1	0,15	0,14	0,18	0,19
2	0,19	0,13	0,15	0,13
3	0,08	0,24	0,12	0,28
4	0,18	0,20	0,15	0,26
5	0,07	0,17	0,10	0,23
6	0,09	0,14	0,04	0,18
7	0,16	0,15	0,11	0,25
8	0,13	0,18	0,17	0,26
9	0,11	0,19	0,14	0,19
Время на создание ортофотоплана	45 мин		20 мин	

В табл. 2 представлена точность построения цифрового ортофотоплана по линейным элементам внешнего ориентирования (отклонения плановых координат на опорных точках и ошибки определения высот) различными методиками.

Таблица 2

Точность построения цифрового ортофотоплана по линейным элементам внешнего ориентирования (отклонения плановых координат на опорных точках и ошибки определения высот) различными методиками

№ точки	PHOTOMOD		PHOTOSCAN	
	X, Y (м)	Z (м)	X, Y (м)	Z (м)
1	9,6	12,2	12,2	9,6
2	5,9	11,3	11,3	15,9
3	7,7	14,2	14,2	10,7
4	9,5	8,3	8,3	11,5
5	10,6	10,4	10,4	10,6
6	2,9	5,5	5,5	12,9
7	4,8	4,2	4,2	14,8
8	8,2	6,8	6,8	9,2
9	12,5	11,4	11,4	14,5
Время на создание ортофотоплана	45 мин		20 мин	

В результате выполненных экспериментальных работ по созданию цифровых ортофотопланов сделаны следующие выводы. Для получения высокоточных ортофотопланов необходимо:

1. Использовать на БЛА калиброванные камеры.
2. Производить съемку цифровой камерой с выдержкой не длиннее 1/250 с.
3. Использовать объективы с фиксированным фокусным расстоянием. Если это невозможно, следует фиксировать увеличение (*Zoom*). Съемка должна производиться с фокусировкой на бесконечность и с отключенным режимом автофокусировки.
4. Проектировать съемку с увеличенными перекрытиями (80 % вдоль, 40 % поперек маршрута).
5. Желательно использовать камеры с центральным затвором.
6. Желательно использовать двухдиапазонные GPS приемники на борту и дифференциальный режим измерений.
7. Желательно использование на борту IMU, пусть и не имеющего высокой точности.

Также следует отметить, что по оперативности и уровню автоматизации процесса создания цифрового ортофотоплана ЦФС ФОТОМОД уступает программному комплексу Agisoft PhotoScan в 2 раза. Но ЦФС ФОТОМОД обладает рядом преимуществ, связанных с возможностями промежуточного контроля по этапам создания ортофотоплана и получения других видов топогеодезической информации (ЦМР, каталог координат точек и др.).

Список используемых источников

1. *Дворецкий Е.М., Замалиев Ф.Ф., Козин Е.В.* Применение беспилотных летательных аппаратов при топогеодезическом обеспечении войск // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – Выпуск 637. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2012. – Ч. 1. – С. 32–37.
2. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 0.8.4. – СПб.: AgiSoft LLC, 2011.
3. *Титаров П.С.* Фотограмметрическая обработка снимков ADS 40 в системе PHOTOMOD. – М.: ЗАО «Ракурс», 2007.
4. *Хрущ Р.М.* Фотограмметрия. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2011. – 541 с.

Д.А. Изергин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИ СОЗДАНИИ МАКЕТОВ СРЕДСТВ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Анализ особенностей микропроцессорной техники, используемой при сборе и обработке информации.

Ключевые слова: сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), микропроцессоры.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие микропроцессорной техники привело к широкому внедрению цифровых вычислительных средств в системы автоматизации и управления, разработке большой номенклатуры разнообразных радиоэлектронных средств (РЭС) со встроенными микропроцессорами, появлению локальных вычислительных сетей и созданию качественно новой элементной базы. Разработаны мощные 16- и 32-разрядные микропроцессоры и разнообразные однокристалльные микроэлектронные вычислительные машины (микроЭВМ).

Развитие современной электроники заставляет по-новому взглянуть на применение микроЭВМ при создании различных технических средств, в том числе и средств сбора и обработки информации.

РАЗВИТИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

В настоящее время центр тяжести разработок сдвинулся в сферу создания СБИС (до 10^6 транзисторов на кристалле) и разработки программного обеспечения для постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) и перепрограммируемого ПЗУ.

Следует отметить, что в области технологии производства СБИС микропроцессоров ведущие позиции завоевывает КМОП-технология (основанная на комплементарном металлооксидном полупроводнике). Разрабатываемые логические КМОП-вентили по рабочим характеристикам быстро догоняют лучшие образцы интегральных микросхем (ИМС), изготовленных по транзисторно-транзисторной логике с диодами Шоттки (ТТЛШ). По быстродействию и плотности упаковки КМОП больших интегральных схем (БИС) достигают *n*-канальные МОП-схемы. В области производства широкое распространение получили 16- и 32-разрядные микропроцессоры и микроЭВМ. Дальнейшее увеличение степени интеграции СБИС создало предпосылки для решения сложных задач обработки информации, которые условно можно разделить на два класса: задачи обработки с большим объемом вычислений и задачи обработки больших объемов нечисловой информации.

К задачам первого класса относятся распознавание сигналов и образов, синтез сигналов, опережающее реально-временное моделирование сложных систем. Наиболее распространенные области применения этих процессов: речевой ввод команд и информации в ЭВМ; машинное зрение роботов; помехозащищенная радиолокация и связь; ввод информации в ЭВМ в виде графиков и текстов, в том числе рукописных; синтез графических изображений для целей автоматизированного проектирования; различные виды диагностического оборудования; медицинская диагностика.

Задачи второго класса охватывают вопросы искусственного интеллекта, решаемые методами логической обработки больших объемов неформального представления информации. Области их приложения – диалоговый интерфейс «человек–машина», электронные каталоги и библиотеки, вычислительные экспертные системы, управление слабодетерминированными технологическими процессами производства изделий электронной техники, прогнозирование и распознавание образов [1. с. 4-14].

Для решения названных задач универсальные микропроцессорные БИС классической архитектуры малоэффективны. Поэтому многообещающими являются тенденции создания проблемно-ориентированных СБИС, решающих задачи определенного класса. Из множества типов проблемно-ориентированных СБИС можно выделить СБИС для организации систем с параллельными вычислениями, сигнальные процессоры и логические процессоры для обработки нечисловой информации.

При разработке СБИС для параллельной обработки числовой информации прежде всего следует выделить классы решаемых задач. В частности, выявлен широкий класс задач, решение которых сводится к операциям вычисления произведений двух чисел и их последующего суммирования. К таким задачам относятся дискретное преобразование Фурье (ДПФ), быстрое преобразование Фурье (БПФ), вычисление свертки двух сигналов, цифровая фильтрация. Для аппаратной реализации параллельных алгоритмов решения подобных задач созданы параллельно-конвейерные структуры, реализующие разнообразные алгоритмы параллельной обработки информации.

Несмотря на то, что параллельные системы могут решать любые вычислительные задачи, включая цифровую обработку аналоговых сигналов, к отдельной группе могут быть отнесены цифровые сигнальные процессоры. Можно выделить три направления развития аппаратной архитектуры сигнальных процессоров.

Первое направление представляет собой развитие специализированных микропроцессоров с фиксированной структурой, выполняющих только одну специальную функцию, например БПФ входной последовательности данных. В структуре таких микропроцессоров необходимо предусматривать средства для организации последовательного или параллельного потока входных данных, а также интерпретации и хранения выходной последовательности. Главным элементом архитектуры специализированных МП является встроженный в кристалл умножитель.

Второе направление предполагает организацию процессоров по функциональному принципу. В этом случае сигнальный процессор может реализовать алгоритмы цифровой фильтрации, преобразования Фурье, усреднения, интегрирования, создания форматов выходных данных и т. д. Сигнальные процессоры подобной архитектуры строятся по модульному принципу. Модульный подход приводит к архитектуре, заключающейся в программируемом управлении набором аппаратно-программных функций, требуемых при обработке сигналов. Основной задачей организации управления в таких процессорах является генерирование потока команд и подачи их на различные модули, которые работают последовательно. Указанные сигнальные процессоры обеспечивают большую гибкость, чем устройства с жесткой структурой, но одновременно требуют некоторой коммутации соединительных цепей и, возможно, изменений в памяти модулей, связанных с различными видами обработки информации.

Современное состояние технологии СБИС делает возможным организацию сигнальных процессоров описанных двух архитектур на одном кристалле, причем реализуема организация более сложных устройств в виде параллельного конвейера для многократного выполнения таких простых операций, как сложение, вычитание и комплексное умножение. Однако ограниченность числа выводов СБИС не позволяет полностью использовать ее возможности, при этом следует отметить, что скорости ввода и вывода информации в процессорах, реализованных по этим архитектурам, невелики.

Третьим направлением является развитие архитектур программируемых сигнальных процессоров. Архитектурно они состоят из некоторого числа независимо управляемых элементов, каждый параллельного действия. Эти элементы включают в себя арифметико-логическое устройство, устройство адресации и декодирования, канал управления вводом-выводом и управляющий процессор, функционирующий по программе, которая может храниться в ПЗУ или ППЗУ. Каждый элемент обладает локальной памятью, что позволяет избежать различного рода конфликтов. Основным элементом структуры является арифметический процессор, в котором с высокой точностью и большим быстродействием выполняются операции умножения-сложения в соответствии с алгоритмами обработки сигналов. Для высокоскоростного умножителя необходимо горизонтальное микропрограммное управление, что обеспечивает параллельное выполнение нескольких вычислительных операций. При решении многих прикладных задач обработки сигналов перспективной оказывается модульная организация, достигаемая за счет конвейеризации процесса вычислений, при которой определенное число этапов вычислений выполняется последовательно для данного элемента данных, но все блоки работают параллельно. Это означает, что скорость обработки данных определяется временем обработки элемента данных только в одном блоке. Программируемые сигнальные процессоры могут быть реализованы в однокристалльном исполнении.

Программное обеспечение программируемых сигнальных процессоров может состоять из двух уровней. На первом уровне программирование должно осуществляться на языке МП, предназначенном для разработчика системы и ориентированном на поток данных, на втором уровне – на языке обработки сигналов, предназначенном для системного программиста.

В группу микропроцессорных СБИС для обработки нечисловой информации входят ИМС, объединенные некоторыми общими принципами, такими как ассоциативные методы обращения к памяти и широкое использование операции сравнения символьных строк, являющейся основной в задачах обработки нечисловой информации.

Особое внимание уделяется развитию архитектур персональных ЭВМ (ПЭВМ). Принцип открытой, магистральной архитектуры ПЭВМ, развитие которого по праву считается важным достижением разработчиков, в настоящее время вступает в конфронтацию с идеей моноблочного наполнения ПЭВМ. Происходит все более ускоряющаяся миниатюризация элементной базы и периферийных устройств. Использование МОП-технологии, применение кристаллов ПЗУ с электрическим стиранием содержимого и прогресс в создании плоских индикаторных панелей позволяют создать моноблочные портативные ПЭВМ с открытой архитектурой.

Возможности организации одновременного отображения различных аспектов обрабатываемой информации на нескольких дисплеях (полиэкранного диалога) могут быть эффективно использованы в любых профессиональных применениях ПЭВМ. Необходимость такой организации объясняется принципиально параллельной организацией профессиональной деятельности человека (работа с документом, поиск в архиве, табличные расчеты, построение чертежей и др.).

Перспективным направлением для существенного повышения производительности процессора ПЭВМ является развитие архитектуры с упрощенной системой команд – RISC-архитектурой (компьютер с сокращенным набором команд). Концептуальная простота этой архитектуры имеет важные следствия: применяются простые линейные модели адресации больших объемов памяти и расширяется номенклатура сопроцессоров (символьная и графическая обработка, арифметика).

Можно сделать заключение, что КМОП-технология с переходом к тактовой частоте 10 МГц и более, 32-разрядные магистрали с возможностью подключения сопроцессоров и архитектура с упрощенной системой команд являются перспективой в развитии ПЭВМ.

Для эффективного функционирования микроЭВМ в системах управления и контроля программное обеспечение микроЭВМ должно обладать такими свойствами: программируемой

связью с объектом управления в рабочем, аварийном и исследовательских режимах; устойчивостью функционирования, достигаемой путем фильтрации и нейтрализации аномальных событий в системе; надежностью функционирования, обеспечиваемой контролем междомдульных интерфейсов при трансляции и контролем полноты обработки ситуаций.

Для сравнения приведены три основных способа реализации СБИС «систем на кристалле».

1. Полностью заказные интегральные схемы (англ. Application-Specific Integrated Circuit, ASIC) – специализированные микросхемы для решения конкретной поставленной задачи, предоставляющие функционально законченный набор модулей управления и обработки данных.

2. Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС, англ. Field-Programmable Gate Array, FPGA) – микросхемы, используемые в основном для работы с цифровой информацией (однако есть и FPGA с включением аппаратных блоков микропроцессоров, АЦП/ЦАП, интерфейсов и др.) и обладающие возможностью конфигурирования внутренней архитектуры.

3. СБИС с программируемой архитектурой (англ. Programmable System on Chip, PSoC) – микросхемы для типовых приложений, имеющие широкие возможности для работы как с цифровой, так и с аналоговой информацией, и обладающие возможностью динамического переконфигурирования архитектуры (прямо во время работы без необходимости прерывания работы устройства) [6. с. 34-43].

По принципу формирования требуемой структуры целевого цифрового устройства все основные современные ПЛИС подразделяются на две группы.

К первой относятся устройства, в которых требуемая структура устройства создается программированием связей коммутирующих матриц с использованием технологий перепрограммируемых постоянных запоминающих устройств, в том числе и с электрическим стиранием. Такие устройства называются многократно программируемыми ПЛИС или EPLD (EPROM technology based complex Programmable Logic Devices) или CPLD (Complex Programmable Logic Devices). К этому классу относятся, например, ПЛИС семейства MAX5000, MAX7000 фирмы Altera, ПЛИС XC7000 и XC9500 фирмы Xilinx, а также большое число микросхем других производителей. Особенность этих устройств заключается в том, что сформированная структура является энергонезависимой, то есть сохраняется при выключении питания, а для изменения структуры необходимо выполнить операции стирания (очистки) EPROM и программирования (записи) новой структуры.

В устройствах второй группы требуемые связи коммутирующих матриц обеспечиваются логическими ключами, которые управляются битовой последовательностью, записываемой во внутреннее статическое ОЗУ при конфигурировании ПЛИС, поэтому устройства этого класса получили название многократно реконфигурируемых или FPGA (Field Programmable Gate Array). К этому классу относятся ПЛИС XC2000, XC3000, XC4000, Spartan, Virtex фирмы Xilinx, семейства FLEX6000, FLEX8000 фирмы Altera и некоторые ПЛИС других фирм. Особенностью устройств этого класса является то, что требуемая структура целевого устройства должна восстанавливаться (записываться во внутреннее статическое ОЗУ) после каждого включения питания, что требует принятия дополнительных мер по сохранению и восстановлению требуемой конфигурации. Такая особенность может показаться недостатком ПЛИС FPGA. На самом деле она является их важным достоинством, так как позволяет создавать адаптивные системы с динамически изменяющейся во времени структурой, то есть в разные моменты времени использовать один и тот же кристалл для реализации различных цифровых устройств, которые наилучшим образом соответствуют изменяющимся во времени внешним условиям (например, обеспечивать работу сотового телефона в сетях с различными стандартами в зависимости от доступности той или иной сети в данный момент времени).

Оба класса ПЛИС позволяют реализовывать любые цифровые схемы, однако в силу ряда особенностей внутренней структуры ПЛИС первой группы более приспособлены к реализации сложных комбинационных схем, а ПЛИС второй – к реализации цифровых (конечных) автоматов (state machine) [5. с. 37-39].

ПЛИС большого объема имеют встроенные системы самотестирования при включении питания с выдачей результатов тестирования через стандартный интерфейс JTAG.

Технико-экономические показатели современных ПЛИС достигли такого уровня, который при выпуске партий изделий до нескольких сотен обеспечивает более низкую стоимость конечных изделий, чем применение заказных СБИС. Очевидно, что в ближайшее время этот порог будет повышаться, обеспечивая экономическую целесообразность применения ПЛИС и в крупносерийном производстве.

Кроме чисто «экономических достоинств» современные ПЛИС имеют еще одно: сохраняя все преимущества однокристалльного решения, присущего заказным СБИС, устройства на основе ПЛИС могут очень быстро и с малыми затратами подвергаться модернизации. Благодаря наличию во многих типах ПЛИС встроенных систем программирования и конфигурирования, позволяющих перепрограммировать их прямо на месте без внешних программаторов, устройства на ПЛИС могут модернизироваться, даже находясь в постоянной эксплуатации у заказчика. Уже сегодня ведущие производители программируемой логики обеспечивают поддержку обновления ПЛИС через интернет. Кроме того, сроки проектирования и выпуска готовой продукции на ПЛИС неизмеримо меньше, чем разработка и производство заказных СБИС, что в условиях динамично изменяющегося рынка может иметь иногда решающее значение. Немаловажно и то, что для выпуска готовой продукции не требуется того сложнейшего и дорогостоящего технологического оборудования, которое необходимо для производства заказных СБИС. Даже средние и мелкие фирмы способны выйти на рынок изделий современной электронной техники, который был ранее доступен только гигантам электронной промышленности [4. с. 37-39].

Эффективность применения стандартной логики заказных СБИС и ПЛИС при одинаковом числе логических элементов в проекте выше, и их стоимость меньше стоимости суммарного числа стандартных микросхем, но эти преимущества заказных СБИС и ПЛИС проявляются только при очень большом объеме производства идентичных микросхем.

Список используемых источников

1. *Бухтеев А.* Методы и средства проектирования систем на кристалле // Chip News. – 2003. – № 3. – С. 4–14.
2. *Кривченко И.* Системная интеграция в электронике – FPSLIC // Chip News. – 2000 – № 4. – С. 62–64.
3. *Немудров В., Мартин Г.* Системы на кристалле. Проектирование и развитие. – М.: Техносфера, 2004. – 216 с.
4. *Несс Р.* Ежегодное исследование рынка встраиваемых систем // Электронные компоненты. – 2007. – № 11. – С. 69–77.
5. *Шагури И.* Системы на кристалле. Особенности реализации и перспективы применения // Электронные компоненты. – 2009. – № 1. – С. 37–39.
6. *Шейкин М.* Две микросхемы – хорошо, а одна лучше. Программируемые цифровые микросхемы с аналоговым интерфейсом // Элементная база электроники. – 2012. – № 1. – С. 34–43.

К.Е. Легков,
кандидат технических наук;
И.А. Ледянкин,
кандидат технических наук

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СВОИХ ВОЙСКАХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

В работе проводится количественная оценка различных вариантов организации информационных процессов сбора и хранения информации о своих войсках, в том числе в рамках использования сервис-ориентированной архитектуры, являющейся технологической основой построения перспективных систем сетецентрического управления.

Ключевые слова: информационные процессы, сервис-ориентированная архитектура, сетецентрическое управление.

ВВЕДЕНИЕ

Обосновывается целесообразность использования нового подхода к организации информационных процессов сбора и хранения информации о своих войсках (ИПСВ) в автоматизированных системах управления войсками (АСУВ). Существо предлагаемого подхода заключается в том, что информация от первичных источников поступает без изменений (ретранслируется) по иерархии управления до конечных объектов, а далее на каждом уровне управления обработка поступающей первичной информации осуществляется в интересах и с детализацией, необходимой для соответствующей инстанции.

В работе проводится количественная оценка различных вариантов организации ИПСВ, в том числе в рамках использования сервис-ориентированной архитектуры, являющейся технологической основой построения перспективных систем сетецентрического управления.

В настоящее время существует и широко используется традиционная процедура организации ИПСВ. В соответствии с этой процедурой первичная информация о состоянии и положении низовых объектов (орудий, отдельных бронеобъектов, военнослужащих) поступает от источников первого уровня на объекты второго уровня (отделение, расчет и т. д.). На объектах второго уровня осуществляется хранение собранной информации, а также подготовка данных для объектов третьего уровня и передача подготовленной информации по предназначению. При этом подготовка информации для вышестоящего в иерархии управления объекта заключается, как правило, в ее укрупнении и обобщении. Далее по иерархии управления процедура строится аналогичным образом.

Однако имеющийся опыт разработки и практического применения ряда систем и комплексов автоматизированного управления войсками и оружием выявил определенные недостатки рассмотренной процедуры. Остановимся на некоторых из них с точки зрения основополагающих требований к управлению войсками и оружием.

ТОЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ И КОНСТАНТ

Рассмотрим следующие основные факторы функциональной эффективности АСУВ: оперативность управления, устойчивость управления, непрерывность управления, качество обработки решений посредством АСУВ [1, 2]. Проанализируем взаимосвязь рассмотренной

процедуры организации ИПСВ с указанными факторами функциональной эффективности АСУВ.

В отношении фактора оперативности можно отметить следующее. Процессы укрупнения и обобщения информации на каждом из промежуточных уровней системы управления естественным образом создают дополнительные задержки, в результате которых оперативность информирования вышестоящих инстанций о состоянии и положении низовых объектов управления может значительно снизиться.

Факторы устойчивости и непрерывности управления тесно связаны, а обеспечение соответствующих требований к ним в боевых условиях реализуется за счет необходимого дублирования функций управления, так что при выходе из строя некоторого объекта его функции передаются другому объекту (другим объектам). При этом, как правило, предусматривается возможность управления объектами через инстанцию.

Для того чтобы такая передача функций управления осуществлялась с необходимой степенью оперативности, следует заранее обеспечить дублирование соответствующего программного и информационного обеспечения, а также текущей базы динамической информации резервируемого объекта на объекте-дублере.

Анализ показывает, что при осуществлении изложенной выше процедуры организации ИПСВ существуют значительные трудности в обеспечении рассматриваемых процессов обеспечения устойчивости и непрерывности управления.

Таким образом, анализ основных положений рассматриваемой процедуры организации ИПСВ позволяет сделать вывод о наличии у нее определенных недостатков. С учетом сказанного целесообразно рассмотреть другой подход к организации ИПСВ, заключающийся в реализации следующих основных положений:

- информация от первичных источников поступает без изменений (ретранслируется) по иерархии управления до конечных объектов;
- на каждом уровне управления обработка поступающей первичной информации осуществляется в интересах соответствующей инстанции с необходимой для нее детализацией.

Прежде всего отметим повышение оперативности прохождения информации о положении и состоянии своих объектов. Поскольку задержки, связанные с обобщением и укрупнением информации на каждом уровне управления, исключаются, то оперативность ИПСВ в целом повышается. Обеспечение устойчивости и непрерывности управления, в частности при реализации управления через инстанцию, улучшается за счет того, что на каждом уровне управления имеется информация от первичных источников.

Можно отметить также некоторое повышение качества отработки решений по управлению подчиненными объектами, поскольку имеется возможность при отработке решений привлекать, при необходимости, более детальную исходную информацию.

В качестве возможных недостатков предложенной процедуры организации ИПСВ можно отметить следующее. В системе заметно возрастает поток информации, передаваемой по каналам связи. При наличии радиоканалов невысокого быстродействия этот фактор может оказаться значимым.

Далее возрастает нагрузка на средства обработки информации за счет того, что на каждом уровне, начиная с третьего, формирование базы данных осуществляется на основе информации от первичных источников, что связано с обработкой большего объема информации. Таким образом, каждая из рассмотренных процедур имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому были проведены исследования в целях оценки различных вариантов организации ИПСВ. При этом были рассмотрены также возможности реализации рассмотренных процедур организации ИПСВ в рамках сервис-ориентированной архитектуры (СОА), являющейся технологической основой построения систем сетевидного управления.

Известно, что СОА имеет ряд несомненных достоинств, заключающихся в обеспечении сокращения времени на разработку больших АСУ и повышение производительности труда разработчиков программного обеспечения, а также в более быстрой и менее затратной инте-

грации новых и корректировке существующих приложений при развитии и модернизации системы.

Вместе с тем использование СОА имеет ряд недостатков, к основным из которых можно отнести следующие [1, 2]:

- при использовании СОА в качестве базового средства взаимодействия в системе размер передаваемых документов существенно больше бинарного представления соответствующей информации и значительно больше, чем в альтернативных текстовых форматах, особенно в форматах данных, оптимизированных для конкретного применения АСУ;
- высокая степень универсализации и унификации технических решений, заложенная в СОА, не в полной мере учитывает специфику уникальных систем управления, к каким относятся АСУВ.

В связи со сказанным было предложено различать два основных режима функционирования системы:

- начальная настройка (инициализация) системы на текущее состояние системы управления функциональной системы и оперативно-тактической обстановки;
- оперативный режим, т. е. режим функционирования в процессе боевых действий.

В режиме начальной настройки формируется начальное состояние базы данных (основная копия и резервные), реестр сервисов (основная копия и резервные) и осуществляется связывание основных процессов в соответствии с идеологией СОА. Иными словами, начальное состояние системы может быть сформировано на основе реализации классической для СОА схемы взаимодействий.

При функционировании системы в оперативном режиме активно используется информация, полученная в режиме настройки. Если осуществлено связывание объектов по какому-то виду взаимодействия, то такое связывание следует сохранять и для последующих взаимодействий. Это заметно сокращает обмен информацией.

Отметим также, что тезис СОА об однократном размещении сервисов в системе, приемлемый для корпоративных стационарных информационных систем и широко пропагандируемый в литературе, в отношении АСУВ не вполне корректен. Выход из строя узла, в котором размещается важный и часто используемый сервис, может во многом осложнить выполнение функций управления в системе. Следовательно, резервирование сервисов, хотя бы наиболее важных, должно быть обеспечено в АСУВ.

Далее встает вопрос о размещении в системе реестра сервисов. Если он размещается централизованно в некотором узле, то прекращение функционирования этого узла (например, в результате огневого налета) может парализовать работу АСУВ в целом. Поэтому при реализации требований обеспечения устойчивого функционирования АСУВ неизбежно встает вопрос о резервировании реестра сервисов.

Таким образом, из изложенного следует, что классический вариант организации ИПСВ при использовании СОА в АСУВ неприемлем ввиду его противоречия основополагающим требованиям к процессам функционирования АСУВ. Более приемлемым является рассмотренный выше другой вариант, связанный с выделением двух режимов организации ИПСВ: начальной настройки и оперативного. Поэтому в дальнейшем при упоминании СОА будем иметь в виду именно этот вариант.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СВОИХ ВОЙСКАХ

Интерес представляет проведение комплексной оценки различных вариантов организации ИПСВ [1, 2]. Рассмотрим следующие четыре варианта организации ИПСВ в АСУВ:

- традиционная организация сбора информации с доведением до вышестоящих уровней обобщенной и укрупненной информации (традиционная архитектура организации взаимодействий в системе без участия реестра);
- организация сбора информации на основе данных первичных источников (традиционная архитектура организации взаимодействий в системе без участия реестра);
- традиционная организация сбора информации с доведением до вышестоящих уровней обобщенной и укрупненной информации (архитектура взаимодействий на базе СОА);
- организация сбора информации на основе данных первичных источников (архитектура взаимодействий на базе СОА).

В качестве частных критериев оценки вариантов организации ИП рассмотрим следующие:

- оперативность доведения информации до объектов соответствующего уровня;
- устойчивость управления в системе;
- трудоемкость усилий по модернизации и развитию системы;
- загрузка системы связи в процессе функционирования системы.

Предложенная выше комплексная оценка, основанная на использовании метода анализа иерархий, была проведена для двух возможных задач исследования прикладных систем:

- для большой АСУ, обеспечивающей всестороннюю поддержку решений, принимаемых на различных уровнях управления, с использованием современных средств искусственного интеллекта;
- АСУ ограниченного назначения, обеспечивающей решение узкого круга специализированных задач со стабильными функциональными требованиями.

Результаты оценки вариантов организации ИПСВ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты оценки вариантов организации ИПСВ

Задачи	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Задача 1	0,13	0,27	0,25	0,35
Задача 2	0,29	0,30	0,19	0,22

Таким образом, получили, что для задачи 1 наиболее рациональным является использование варианта 4 организации ИП в системе. Этот вариант получил наибольшую интегральную по совокупности критериев оценку – 0,35.

Для задачи 2 на первый план выходит вариант 2 организации ИП, что также объяснимо: для решения достаточно простых задач нет смысла использовать сложные технологии.

В АСУ, обеспечивающей всестороннюю поддержку принятия решений, организация доведения информации о своих войсках на основе данных от первичных источников на базе сервис-ориентированной архитектуры имеет несомненные преимущества.

Список используемых источников

1. Балыбердин В.А., Степанов О.А., Иванов В.В. Методы, модели и алгоритмы рационального построения информационных технологий в АСУВ. – М.: 3 ЦНИИ МО РФ, 2012. – 294 с.
2. Прикладные аспекты автоматизации управления войсками и оружием в современных условиях / В.А. Балыбердин, И.В. Зубарев, В.В. Панов, О.А. Степанов. – М.: 3 ЦНИИ МО РФ, 2013. – 240 с.

К.Е. Легков,
кандидат технических наук;
И.А. Ледянкин,
кандидат технических наук;
О.Ю. Миронов

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ В МУЛЬТИПРОТОКОЛЬНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе сформулирована и решена задача разработки алгоритма управления доступом блоков данных, обеспечивающих гарантированный уровень качества передачи команд технологического управления в мультипротокольной сети передачи данных промышленного назначения при эффективном использовании ресурсов каналов и узлов коммутации. Показанные результаты позволяют определить значение задержки, вносимой ошибками планирования в узлах коммутации.

Ключевые слова: блок данных, технологическое управление, сеть передачи данных, узел коммутации.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе развития информационных систем специального назначения все чаще применяется телекоммуникационное оборудование с коммутацией пакетов. Однако, как показывает практика, простой перенос оборудования связи в системы технологического управления (ТУ) может привести к нарушению производственного цикла. Причина такого положения дел в различии требований подходов к обслуживанию блоков данных различных видов услуг в мультипротокольной телекоммуникационной системе (ТКС) и сети передачи данных (СПД) ТУ.

Услуги связи, предоставляемые мультипротокольной ТКС с коммутацией пакетов, нормируются по максимальной задержке блока данных и ее джиттеру. Так, например, блок данных услуг реального времени (телефония, видеоконференцсвязь) в соответствии с международными рекомендациями не может быть задержан в ТКС более чем на 150 мс [1]. В этой связи сеть передачи данных ТУ должна обеспечивать передачу блоков данных ТУ к заранее установленному моменту времени, соответствующему началу операции.

Второе отличие ТКС и СПД ТУ состоит в присвоении приоритетов блокам данных на узлах коммутации. В ТКС приоритетом пользуются сообщения реального времени, а данные (файловый обмен, электронная почта, машинные команды) имеют меньший приоритет.

При одновременном поступлении двух разноприоритетных заявок на один обслуживающий прибор сначала будет обслужен речевой пакет или блок видеоконференцсвязи, а команда ТУ получит дополнительную задержку, определяемую временем нахождения заявки в буфере ожидания.

В ходе проведенных исследований была изучена система обеспечения гарантированного качества обслуживания в мультипротокольной ТКС на базе технологии IP/MPLS для научно-обоснованного применения накопленного опыта в СПД ТУ. Осуществлена классификация существующих систем управления доступом, в которой особо выделены системы с параметрическим управлением доступом и выделением ресурсов сети на основе модели GS [2], которые позволяют в полном объеме гарантировать качество потоков данных (выполнение требований по своевременности и достоверности), что обуславливает возможность использования этих механизмов в мультипротокольной СПД ТУ. С точки зрения СПД ТУ гарантированный тип обслуживания рассматривается относительно времени задержки пакетов и предсказуемой вероятности потерь за счет недостатка буферного пространства.



АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ БЛОКОВ ДАННЫХ

В ходе исследований была сформулирована и решена задача разработки алгоритма управления доступом блоков данных (БД), обеспечивающих гарантированный уровень качества передачи команд ТУ в мультипротокольной СПД специального назначения при эффективном использовании ресурсов каналов и узлов коммутации (УК). Формальная постановка задачи исследования имеет вид:

$$\forall (l \in \{L\}) \cap (i \in \{n\}): \max S(n) = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^n I_i R_i, \quad (R_i \rightarrow \min) \cap \max V(n) = \sum_{i=1}^n I_i p r_i, \quad \left| \sum_{i=1}^n R_i \right| \geq C. \quad (1)$$

Здесь в качестве исходных данных для расчета степени использования ресурсов употребляется множество параметров трафика, соответствующих спецификации $T_{Spec}(r_i, b_i, p_i, L_i)$ каждого обслуживаемого из n потоков БД; i – множество потоков БД, передаваемых в одном виртуальном LSP-канале, $i \in \{1, \dots, n\}$; l – множество виртуальных LSP-каналов, обслуживаемых в пограничном УК, $l \in \{1, \dots, L\}$; k – множество транзитных УК для каждого виртуального канала, $k \in \{1, \dots, K\}$; R_i – количество ресурсов, выделяемых для i -го потока; $p r_i$ – значение приоритета услуги; C – пропускная способность LSP-канала; I_i – индикатор выполнения требований к уровню качества обслуживания i -го потока данных ТУ,

$$I_i = \begin{cases} 0, & (t_{\max} > t^{mp}) \cup (p > p^{mp}); \\ 1, & (t_{\max} \leq t^{mp}) \cap (p \leq p^{mp}). \end{cases} \quad (2)$$

Решение поставленной задачи осуществлено на основе научно-методического аппарата «сетевых исчислений» [2]. Очевидным преимуществом этого подхода является наличие наиболее полно разработанных моделей, реализованных в современных УК планировщиков и формирователей трафика. Справедливость данных предположений также подтверждается особенностью постановки задачи по обеспечению гарантированной доставки команд ТУ, где особый интерес для исследования представляют граничные оценки нагрузочных аспектов потоков БД. Организация доступа потоков осуществляется на основе анализа исходных данных, получаемых из служебных полей заголовка первого пакета нового потока. Для обеспечения гарантированного качества обслуживания команд ТУ производится резервирование соответствующих ресурсов в каждом УК. Допуск в сеть телекоммуникационных услуг (телефонии, видеоконференцсвязи, доступ в базы данных и пр.) осуществляется исходя из параметров уже обслуживаемых потоков команд ТУ.

Основными положениями разработанной системы допуска потоков данных в мультипротокольной СПД ТУ являются:

- представление поступающего трафика (потока команд ТУ и потока данных телекоммуникационных услуг) в виде кривых поступления в терминах мини-плюсовой алгебры, что позволяет получить его детерминистское описание;
- возможность представления выходного потока на основе модели входного потока и особенностей планирования передачи пакетов WFQ;
- возможность гарантировать с заданной точностью получение значений параметров качества обслуживания команд ТУ при выбранных моделях потока и дисциплины обслуживания в единичном УК;
- возможность представления потока на выходе последовательности УК на основе модели единичного элемента системы;
- возможность представления и описания системы при наличии многих потоков на основе модели системы с одним потоком БД;
- возможность представления и описания суперпозиции потоков команд ТУ и потоков данных телекоммуникационных услуг на основе модели системы с одним потоком.

Графическое представление области гарантированного качества обслуживания блоков данных в СПД ТУ на основе технологии IP/MPLS для потока с заданными параметрами трафика представлено на рис. 1.

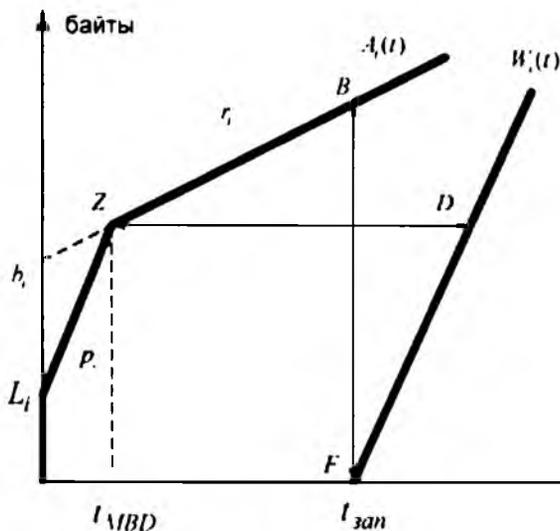


Рис. 1. Графическое представление области гарантированного качества обслуживания блоков данных в СПД ТУ на основе технологии MPLS

На предоставленном выше рисунке: $W_i(t)$ - количество обслуженной нагрузки потока i ; $A_i(t)$ - количество нагрузки i -го потока, поступившей в систему за период времени $(0, t]$; L_i - максимальный размер пакета, байт; r_i - средняя скорость поступления нагрузки микропотока i , байт/с; p_i - пиковая скорость поступления нагрузки микропотока i , байт/с; b_i - размер буфера жетонов в алгоритме; t_{MBD} - максимальная длина пачки по времени; $t_{зап}$ - задержка записи, т. е. задержка передачи пакетов при планировании передачи пакетов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЗАДЕРЖКИ, ВНОСИМОЙ ОШИБКАМИ ПЛАНИРОВАНИЯ В УЗЛЫ КОММУТАЦИИ

Планировщик WFQ с контролем скорости передачи в отличие от «жидкостных» механизмов обслуживания БД, принятых в GPS, характеризуется в процессе планирования трафика двумя типами ошибок. Эти дефиниции позволяют учесть, насколько неточно реализовано планирование обслуживания по сравнению с моделью в непрерывном времени [2]. Кривая обслуживания, предлагаемая потоку УК с реализацией планировщиков класса WFQ, представляет собой функцию «скорость-запаздывание» с характеристиками скорости R и запаздывания $t_{зап}$, рассчитываемой как

$$t_{зап} = \frac{\Delta_C}{R} + \Delta_D \quad (3)$$

где Δ_C - параметр, учитывающий ошибку, зависящую от скорости передачи и определяющую размер задержки пакета;

Δ_D - ошибка, зависящая от дисперсии времени прохождения пакета некоторого потока через конкретный узел коммутации при наихудшем с точки зрения нагрузки случае.

Значения величин Δ_C и Δ_D зависят от конкретной реализации маршрутизатора. В трудах Л. Георгадиса [1] доказаны соотношения, позволяющие учесть представленные ошибки для одного узла коммутации:

$$\Delta_C = L_i; \quad (4)$$

$$\Delta_D = \frac{L_{mit}}{c}, \quad (5)$$

где L_{mit} – размер БД максимальной длины из всех обслуживаемых потоков. Для k УК, как показано в RFC 2212, задержка для нового потока i не должна превышать значения, рассчитываемого как

$$t_k = \frac{h_i}{R_i} + \frac{\Delta_{Ck}}{R_i} + \Delta_{Dk}. \quad (6)$$

В свою очередь ошибочные члены Δ_C и Δ_D суммируются вдоль всего пути передачи данных для каждого УК на протяжении всей фазы оповещения и могут быть рассчитаны для K узлов следующим образом:

$$\Delta_{C\Sigma} = \sum_{k=1}^K \Delta_{Ck}; \quad (7)$$

$$\Delta_{D\Sigma} = \sum_{k=1}^K \Delta_{Dk}. \quad (8)$$

Отсюда можно получить значение задержки, вносимой ошибками планирования во все УК, при выделении в планировщике WFQ для потока i пропускной способности R_i , как

$$t_{\text{зан}\Sigma} = \frac{\Delta_{C\Sigma}}{R_i} + \Delta_{D\Sigma}. \quad (9)$$

Таким образом, использование современного телекоммуникационного оборудования для более полного инфокоммуникационного обеспечения процесса выполнения специальных задач [1] должно осуществляться без ущерба основному предназначению СПД – доставки с гарантированным качеством команд ТУ к исполнительным устройствам. В связи с этим необходимо совершенствовать систему управления допуском пакетов данных в СПД специального назначения с учетом ошибок в работе стандартных планировщиков трафика.

Список используемых источников

1. *Захватов М.А.* Построение виртуальных частных сетей на базе технологии MPLS. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 392 с.
2. *Степанов С.Н.* Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко-Трендз, 2011. – 287 с.

В.Н. Маковский,
кандидат технических наук;
М.М. Тюстин

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Исследованы отличия в архитектуре системы определения местоположения сетей GSM и сетей UMTS. Проведен анализ существующих и перспективных методов позиционирования в сетях GSM и UMTS.

Ключевые слова: сети GSM и UMTS, определение местоположения, мобильный терминал.

ВВЕДЕНИЕ

Основой системы определения местоположения (СОМ) мобильных терминалов является сервер системы определения местоположения, обеспечивающий взаимодействие абонентских устройств с элементами сети.

Подсистема определения местоположения мобильных терминалов СОМ-сервера в сетях GSM обеспечивает функцию определения местоположения в радиоподсистеме PRCF (*Positioning Radio Coordinating Function*). Она отвечает за общую координацию и выделение ресурсов радиоподсистемы для проведения измерений, определяет технологию определения местоположения с учетом затребованного качества обслуживания, вызывает функцию измерения параметров сигнала при определении местоположения PSMF (*Positioning Signal Measurement Function*), передает результаты измерений функции вычисления местоположения (*Position Calculation Function*, PCF) [1]. Когда в процессе определения местоположения необходимо взаимодействие множества различных элементов сети, активируется вспомогательная функция радиоподсистемы при определении местоположения PRAF (*Positioning Radio Assistance Function*).

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

В сетях UMTS подсистема определения местоположения хотя и имеет устройство и логику работы, сходные с GSM, но реализуется иначе. Это связано с разделением в сетях UMTS опорной сети и сети доступа [2]. В UMTS в каждой сети доступа должна быть своя реализация подсистемы определения местоположения. Все виды сетей доступа посредством собственных подсистем определения местоположения в прозрачном для системы определения местоположения режиме обрабатывают запросы и передают обратно географические координаты терминала пользователя.

Основные информационные потоки в системе определения местоположения – это потоки запросов и потоки результатов определения местоположения. Запрос содержит следующую информацию:

- идентификатор мобильной станции;
- идентификатор определения местоположения клиента;
- набранный клиентом номер (если запрос связан со звонком, например, в службу спасения);
- требуемое качество обслуживания;
- тип запрашиваемого местоположения, например текущее или последнее известное;
- приоритет запроса;

– тип используемой СОМ-клиентом системы координат.

Запросы могут требовать немедленного, отложенного или периодического отклика. Помимо собственно информации о местоположении мобильной станции результат определения местоположения может также содержать те же поля, что и запрос.

В рамках сети GSM система определения местоположения логически реализуется в виде центра определения местоположения MLC (Mobile Location Center), а точнее в виде двух компонент: сервисного центра определения местоположения SMLC (Serving MLC) и шлюзового центра определения местоположения GMLC (Gateway MLC).

Шлюзовый центр определения местоположения (GMLC) выполняет функции описанной ранее подсистемы поддержки клиентов системы определения местоположения. В одной PLMN может быть более одного шлюзового центра определения местоположения, каждый из которых может обращаться за информацией о маршрутизации вызовов к домашнему регистру. После авторизации мобильных терминалов шлюзовый центр GMLC направляет запросы определения местоположения на обслуживание в центр коммутации мобильной связи.

Сервисный центр определения местоположения (SMLC) выполняет функции остальных подсистем сервера определения местоположения, т. е. обрабатывает сообщения о местоположении и на базе используемой системы координат (например, декартовой) осуществляет окончательный расчет координат и точности полученного результата. В сетях GSM возможно два размещения SMLC: в составе радиоподсистемы базовых станций и в составе подсистемы коммутации (совмещен с MSC) [2]. Для получения необходимых для измерений данных SMLC обращается к стационарным измерительным модулям LMU (*Location Measurement Unit*). Последние могут быть двух типов: типа А – подключаются по радиоканалу, а типа В – по Abis-интерфейсу (такие LMU могут также совмещаться с контроллером базовых станций).

Информация из сервисного центра SMLC поступает в шлюзовый центр GMLC, который является защищенным граничным пунктом для внешних модулей, запрашивающих данные о местоположении конкретного абонента. GMLC не только обеспечивает связь с внешним миром, но и предоставляет данные о местоположении, определяя не идентификационный номер ID (Identification) устройства, а абонента. Поэтому он взаимодействует с домашним регистром HLR (Home Location Register), хранящим данные о пользователях, исходя из которых ID устройства ассоциируется с ID абонента. Это необходимо потому, что в сотовой сети устройство идентифицируется не по телефонному номеру, а по международному идентификационному номеру мобильного абонента IMSI (International Mobile Station Identity). Таким образом, запрашивая местоположение мобильного абонента, внешний пользователь скорее всего будет использовать телефонный номер, который затем требуется преобразовать в IMSI.

Шлюзовый центр представляет информацию в нескольких форматах. Решение предоставлять услуги определения местоположения третьей стороне или нет принимает оператор, что требует выполнения ряда служебных функций, таких как: аутентификация, ведение счетов, контроль над оплатой и т. д.

Сервисный и шлюзовый центры могут быть физически совмещены с некоторым существующим элементом сети (например, с MSC – *Mobile Switching Center*), а также выполняться в отдельном модуле.

Сервисный узел поддержки услуги GPRS (SGSN- Serving GPRS Service Node) также может быть задействован при определении местоположения в сетях GSM для осуществления вызова мобильной станции. Для того чтобы определить, как взаимодействовать с мобильной станцией (по А- или по Gs-интерфейсу), MSC по Gs-интерфейсу запрашивает у SGSN, подключена ли в данный момент мобильная станция к системе GPRS. Служба сотового широковещания CBC (Cell Broadcast Center) может быть использована для распространения вспомогательных данных, необходимых для работы некоторых методов определения местоположения.

Для взаимодействия с элементами сети GSM используются следующие интерфейсы:

- Lg: между GMLC и MSC;
- Lc: между GMLC и gsmSCF;
- Ls: между SMLC и MSC;
- Le: между GMLC и внешними клиентами системы определения местоположения;
- Lh: для взаимодействия GMLC с HLR.

В качестве протокола физического уровня для реализации перечисленных интерфейсов используется система сигнализации № 7. На более высоких уровнях применяются протоколы подсистемы передачи сообщений MTP (*Message Transfer Part*) и протокол дополнительного сервисного контроля SSCP (*Supplementary Service Control Protocol*). На уровне приложений используется модифицированный вариант протокола прикладной части подсистемы базовых станций BSSAP (*Base Station System Application Part*).

Многие функции могут реализовываться различными элементами сети. Это зависит от применяемой технологии определения местоположения и выбранного варианта размещения сервисного центра SMLC.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

Отличия в архитектуре системы определения местоположения сетей GSM и сетей UMTS обусловлены более выраженным в UMTS разделением базовой сети (*Core Network*)* и сети доступа (*Access Network*), а также принципиальной возможностью различных реализаций сетей доступа.

При реализации систем определения местоположения в сетях UMTS более остро встает проблема дефицита информации о местоположении мобильной станции [4]. Предполагается, что многие сети UMTS не будут (особенно на первом этапе развития) обеспечивать большие зоны покрытия, поэтому для определения местоположения предполагается использовать все доступные сигналы сети доступа, обслуживающей мобильную станцию, а также сигналы других доступных для мобильной станции сетей, в том числе и не UMTS. Например, если мобильная станция может работать в сети GSM, измерения сигналов сети GSM могут быть использованы для дополнения результатов радиоизмерений в UTRAN. Операторы действующих в одном районе сетей UMTS также могут заключать соглашения по обмену необходимой для определения местоположения информацией. По этим причинам реализация ряда функций системы определения местоположения в UMTS должна быть перенесена в другие элементы сети.

Принципиальным отличием от структуры сети GSM является окончательное закрепление функций сервисного центра определения местоположения (SMLC) за контроллером радиосети RNC (*Radio Network Controller*) – аналогом контроллера базовых станций BSC в сети GSM. Кроме того, GMLC функционально более четко выделен как отдельный модуль. Предполагается, что он будет и физически отделен от остальных компонентов опорной сети. GMLC других сетей мобильной связи могут обращаться к сервисному узлу поддержки услуг GPRS (3G-SGSN) за необходимой для определения местоположения информацией.

Взаимодействие компонентов системы определения местоположения опорной сети UMTS с компонентами сети доступа осуществляется по интерфейсу Iu. Взаимодействие компонентов COM, связанных с контроллером радиосети, мобильными станциями и с LMU типа А происходит по радиointерфейсу Uu. Для обеспечения взаимодействия GMLC и SMLC с другими элементами сетей UMTS партнерский проект 3GPP рекомендует применение тех же интерфейсов, что и в сетях GSM.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наиболее простые методы позиционирования (Cell ID, *Cell ID – TA* для стандарта GSM) используют для определения местоположения мобильного терминала только имеющуюся в сети связи информацию, но обладают весьма низкой точностью позиционирования и поэтому могут быть использованы только для ограниченного применения.

Более точные методы требуют существенного изменения составляющих сети связи, например установку интеллектуальных антенн на базовых станциях (методы, использующие технологию TOA, AOA, создание библиотек шаблонов «радиоотпечатков» для каждой базовой станции), создание опорных узлов в методе RNBP и т. п. Это приводит к ощутимому удорожанию системы, делает ее более сложной в эксплуатации, что оказывается неприемлемым для практической реализации.

Наиболее точным методом позиционирования следует признать A-GPS, при котором мобильный терминал принимает активное участие в определении местоположения, но основные вычисления производятся в аппаратуре сети связи.

Наиболее перспективными являются методы, которые для позиционирования мобильного терминала пользуются всей имеющейся в сотовой сети информацией, используемой для выполнения других процедур.

Список используемых источников

1. *Маковский В.Н., Бережной И.В., Рюмин К.Ю.* Методы определения местоположения мобильных терминалов // Труды по материалам XXIX ВНК. – Курск: в/ч 25714, 2012. – С. 75–77.

2. *Маковский В.Н., Зайцев И.Е., Сайбель А.Г.* Координатометрия мобильных абонентов: проблемы, методы и решения // Информация и космос. – СПб.: Санкт-Петербургская научно-техническая общественная организация «Институт телекоммуникаций». – 2005. – №2. – С. 30–36.

3. *Маковский В.Н., Рюмин К.Ю.* Особенности определения местоположения мобильных терминалов в сетях GSM и UMTS // Труды по материалам XIX Межвузовской Военно-научной конференции «Информационные технологии в радиоэлектронике и проблемы образовательного процесса подготовки специалистов в технических вузах». – Череповец: Филиал ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010. – С. 81–85.

Д.В. Негодин;
Р.А-М. Хашагульгов,
кандидат технических наук;
А.А. Михалченков,
кандидат военных наук

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОТИВНИКА В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЙСКАХ, ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В статье рассматриваются проблемы обнаружения и распознавания типа летательных аппаратов. Проводится анализ современного состояния развития локационной техники, а также возможности решения задачи визуального распознавания класса и типа летательного аппарата.

Ключевые слова: контроль воздушного пространства, летательный аппарат, обнаружение и распознавание, инверсный след, оптико-электронная система.

В 1913 году в России было предложено создать специальную сеть наблюдательных постов так называемых «воздушных станций». Их назначение состояло в том, чтобы следить с помощью оптических приборов за появлением в зоне ответственности летательных аппаратов (ЛА), выделять среди них чужие и сообщать о факте пролета и направлении. На постах наблюдения за небосклоном инструкцией вводились специальные рабочие журналы, ставшие прообразом современных журналов несения боевого дежурства. Это было не что иное, как предложение об организации в России службы воздушного наблюдения, оповещения и связи (ВНОС), появившейся немного позднее.

Под Ленинградом 10-11 июля 1934 года были проведены первые в мировой практике испытания аппаратуры радиолокационного обнаружения самолетов «Рapid», которая могла обнаруживать самолеты на расстоянии до 3 км. Проведенные исследовательские и опытные работы в области радиолокации позволили советским ученым к 1938 году создать первую в мире радиолокационную станцию (РЛС) «РУС-1». Осенью 1939 года была создана более совершенная станция «РУС-2», широко применявшаяся в годы Великой Отечественной войны.

К началу войны (на 21 июня 1941 года) противовоздушная оборона (ПВО) страны в составе 13 зон ПВО включала в себя: 6 полков, 35 отдельных батальонов и 5 отдельных рот ВНОС. Служба ВНОС была достаточно эффективной и решала поставленные перед ней задачи.

Всепогодность и высокая разрешающая способность активной радиолокации привели к уменьшению доли остальных способов обнаружения летательных аппаратов. К концу войны основным средством войск ВНОС были радиолокационные станции, а визуальные посты ВНОС стали использоваться как вспомогательное средство для создания сплошного поля наблюдения на ближних подступах к объектам. К концу 1954 года посты визуального наблюдения, имевшиеся в штатах частей ВНОС, были окончательно заменены радиолокационными подразделениями. В 1955 году войска ВНОС переименовываются в радиотехнические войска (РТВ) ПВО страны.

Постоянно росло число и возможности радиолокационных станций, стоящих на вооружении радиотехнических войск. Если РЛС «Резонанс-НЭ» (рис. 1) внешне похожа на РЛС «РУС-1» (рис. 2), то их электронная начинка и, соответственно, возможности по обнаружению отличаются на несколько порядков.

Все это время РТВ достаточно эффективно решали поставленные перед ними задачи. Способны ли войска РТВ эффективно решать встающие перед ними задачи с учетом вновь возникающих угроз на современном этапе развития средств воздушно-космического нападения (СВКН)?



Рис. 1. РЛС «Резонанс-НЭ»

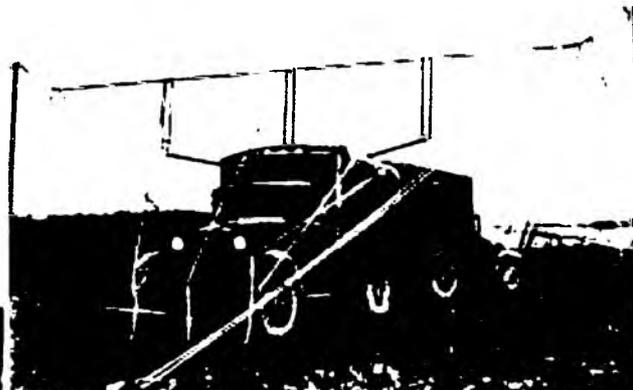


Рис. 2. РЛС «Рус-1»

Анализ СВКН показывает, что основными тенденциями их развития являются:

- разработка гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЗЛА);
- применение дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА) в качестве ложных целей;
- увеличение числа крылатых ракет воздушного и морского базирования;
- снижение радиолокационной заметности ЛА посредством применения технологии «Стелс»;
- активное применение противорадиолокационных ракет (ПРР);
- постановка активных и пассивных помех.

Анализ нынешнего состояния средств РТВ показывает, что в настоящее время существует ряд нерешенных проблем.

Во-первых, существует проблема обнаружения маловысотных целей – «крылатых ракет». Сегодня в России любой самолет малой авиации и без всякой технологии «Стелс» становится невидимым для наблюдения почти сразу после взлета. Такая же проблема возникает с обнаружением сверхвысотных ГЗЛА.

Во-вторых, необходимо отметить недостаточную помехозащищенность радиолокационных систем. Активная радиолокация в условиях превосходства противника в воздухе может оказаться малоэффективной, и использование пассивных методов обнаружения, обладающих высокой скрытностью применения, становится актуальным.

В-третьих, недостаточно развивается «интеллектуализация» системы РТВ. В основном на всех этапах первичной обработки и отображения информации всё еще используется ручной труд операторов. Классификация воздушных объектов по степени их «опасности» осуществляется, как правило, лицами боевого расчета самостоятельно и в условиях существенного дефицита времени. Вполне возможно влияние на результаты принятых решений и так называемого человеческого фактора.

Сплошной радиолокационный контроль обеспечивается лишь по периметру государственной границы, в районе аэропортов и по трассам полетов гражданской авиации на больших высотах. Необходимо также отметить организационную проблему информационного контроля использования воздушного пространства северных границ нашей страны, проблему вскрытия авиационного терроризма и авиационного наркотрафика, проблему воздушного мониторинга таких мегаполисов, как Москва, Санкт-Петербург и др.

Есть ли перспективы решения указанных проблем? И можно ли говорить о новом витке развития техники локационного контроля воздушного пространства, способной парировать развитие СВКН?

При решении задач по обнаружению ЛА различают четыре основных вида заметности: радиолокационную, инфракрасную (ИК), визуальную, акустическую.

На сегодняшний день перспективы создать «самолеты-невидимки» в оптическом диапазоне представляются маловероятными. Таким образом, оптическая локация является сегодня одним из наиболее перспективных направлений развития средств обнаружения и распознавания ЛА.

На смену зрительному распознаванию класса и типа летательного аппарата оператором (рис. 3) приходят современные оптико-электронные системы (ОЭС) (рис. 4) [3]. Бурное развитие ОЭС позволяет непрерывно расширять круг их применения и решать многие сложные задачи, еще недавно недоступные для автоматических систем.



Рис. 3. Визуальное обнаружение и опознавание типа ЛА во время Великой Отечественной войны

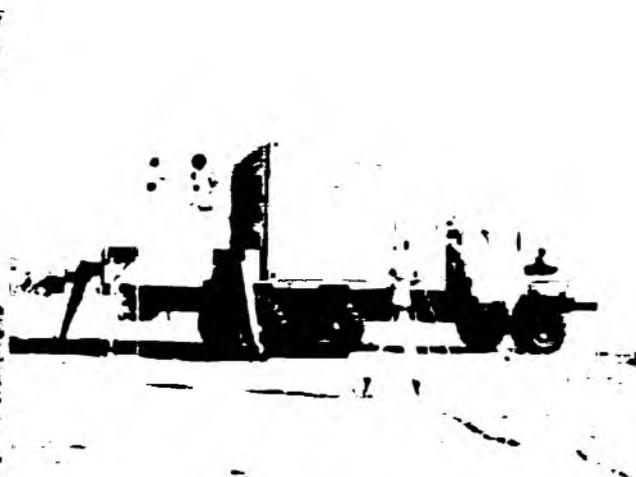


Рис. 4. Современная мобильная оптико-электронная система «Вереск-ЭК»

Возможность получения изображения ЛА в ИК диапазоне (рис. 5) в значительной мере решает проблему получения информации в ночное время и в плохих погодных условиях.



Рис. 5. Изображения летательных аппаратов, полученные в ИК диапазоне

Во время Великой Отечественной войны активно применялись заградительные аэростаты (рис. 6). Современный аэростат – это не просто баллон с газом, это платформа для размещения различного оборудования. Аэростаты типа «Пума» (рис. 7) [4], «Гепард» и др., разработанные отечественной оборонной промышленностью, способны обеспечить подъем аппаратуры локационного наблюдения на высоту до 3000 м. Это является технологическим прорывом в плане обеспечения всепогодности работы оптических средств.



Рис. 6. Привязной заградительный аэростат времен Великой Отечественной войны



Рис. 7. Современный привязной аэростат «Пума»

В соответствии с выполняемыми задачами воздухоплавательная техника может быть оснащена:

- оптико-электронной системой с лазерным дальномером;
- аппаратурой пассивной локации;
- аппаратурой широкополосной связи общего и специального назначения;
- ретрансляционной аппаратурой связи в ТВ- и радиодиапазонах;
- аппаратурой мобильной связи (Trunking, GSM, CDMA, NMT);
- аппаратурой широкополосного радиодоступа для передачи данных (WiMAX);
- автоматической метеостанцией с грозоотметчиком;
- аппаратурой экологического мониторинга.

Таким образом, современный аэростат может одновременно вести наблюдение как за воздушной, так и за наземной обстановкой, обрабатывать полученную информацию прямо на борту и передавать ее заинтересованным потребителям, а также обеспечивать связь в различных диапазонах и стандартах.

Научно-методический аппарат новых и перспективных направлений исследований в решении перечисленных проблем требует постоянного совершенствования. Исследования, проведенные в ВА ВКО им. Г.К. Жукова в 2007–2012 годах, позволили получить ряд научных результатов, подтвержденных патентами на полезную модель, которые могут быть использованы при создании современных ОЭС.

Во-первых, разработан метод, позволяющий определять массу ЛА на основе измерения радиуса кривизны траектории (рис. 8), а по массе определяется класс ЛА. Для сокращения числа вычислительных операций при определении радиуса кривизны траектории маневра ЛА разработан «метод хорд».



Рис. 8. Динамика маневрирования различных по массе ЛА

Во-вторых, предложена методика обнаружения и определения местонахождения ЛА на приемной матрице по спектрально-яркостному распределению интенсивности пикселей полученного изображения [2].

В-третьих, разработана методика определения направления движения ЛА при минимальном отображении его инверсного следа на приемной матрице.

В-четвертых, обоснован вариант многоканальной оптико-электронной системы, включающей ультрафиолетовый, средний оптический и ближний инфракрасный диапазоны длин волн, для решения задачи обнаружения ЛА [1].

В-пятых, сделаны предложения по созданию автоматизированной системы поддержки решений оператора с элементами искусственного интеллекта и нейрокомпьютерной структурой, которая позволит оценить опасность развития воздушной обстановки. В мирное время такая система «сопровождает» в автоматизированном режиме полет каждого ЛА и контролирует его «поведение» в зонах объектов потенциальных техногенных катастроф (атомных и гидротехнических сооружений). При этом исключаются ошибки при принятии решений, связанные с человеческим фактором (усталость, зрительное утомление и др.).

В-шестых, разработаны алгоритмы распознавания, основанные на принципах зрительного восприятия изображений. Алгоритм синтезированной точечной структуры в обработке изображений позволяет достичь уровней вероятности правильного распознавания, сопоставимых по эффективности со зрительным распознаванием.

На рис. 9, 10 показаны изображения летательных аппаратов, полученные в результате экспериментальных наблюдений, мегапиксельной камерой с фокусным расстоянием 30 мм, которые позволяют определить класс и тип ЛА. По расцветке фюзеляжа можно определить принадлежность ЛА стране и авиационному перевозчику.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Для того чтобы сохранить требуемый уровень информационного обеспечения активных огневых средств и органов управления группировки ПВО в условиях радиоэлектронного и огневого подавления радиоэлектронных средств, применения противником ложных целей, малозаметных низколетящих крылатых ракет и ДПЛА, необходимо совершенствовать информационную подсистему системы ПВО.

К существующим средствам активной радиолокации должны быть добавлены средства, работающие в оптическом и инфракрасном диапазонах. Комбинированное использование двух или нескольких средств, работа которых основана на различных физических принципах, повышает эффективность, обеспечиваемую каждым средством в отдельности. Возможность обмена информацией между средствами разведки повысит угол поля зрения (охвата), разрешающую способность, а также снизит недостатки использования каждого средства в отдельности. Решение задач обнаружения и распознавания СВКН с помощью средств оптической локации позволит повысить эффективность не только разведки, но и боевых действий в целом.



Рис. 9. По форме фюзеляжа и крыла опознается Боинг-747

Рис. 10. Инверсный след В-52

Философия учит – мир развивается по спирали. Можно надеяться, что на этом витке развития может быть вновь создана система, подобная системе ВНОС, но только соответствующая современному техническому уровню.

Список используемых источников

1. Дайуб А., Золотухин В.К. Оценка возможности обнаружения ЛА многоканальными оптико-электронными системами // Сборник материалов XXI Всероссийской научно-технической конференции. – Адлер, 2010.

2. *Золотухин В.К., Дайуб А., Креницкий Ю.В.* Обнаружение и распознавание воздушных объектов с помощью многоканальных оптико-электронных систем//Военная мысль.– 2011.– №4.
3. <http://www.linkos-tcp.ru/OurProduct/Вереск-ЭК.aspx1>
4. <http://rosaerosystems.ru>

А.В. Харченко,
доктор технических наук, доцент;
П.Н. Топчий;
С.А. Рябиик

ПРИМЕНЕНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ

Рассмотрены принципы компенсации преднамеренных помех с помощью ортогональных преобразований. Предложен способ выбора дискретного ортогонального преобразования при компенсации помех, задаваемых в виде марковского процесса первого порядка. Приведены результаты моделирования процесса компенсации узкополосных помех при использовании сложных сигналов с прямым расширением спектра.

Ключевые слова: дискретное ортогональное преобразование, компенсация помех, корреляционная матрица помехи, средняя безусловная энтропия.

ВВЕДЕНИЕ

С момента изобретения радиосвязи для борьбы с помехами используют различные виды фильтрации (режекторные фильтры), различные виды адаптивных приемников, пространственную и поляризационную селекцию сигнала и помехи, компенсацию помех путем оценки частоты и фазы мешающего воздействия, обработку сигналов с изменением пространства преобразований сигналов и многие другие способы [1].

При использовании цифровой обработки сигнала средствами высокопроизводительных процессоров с возможностью проведения параллельных вычислений наибольший интерес вызывает метод компенсации преднамеренных помех на основе ортогональных преобразований принятой смеси сигнала и мешающих воздействий. Алгоритмы, основанные на применении ортогональных преобразований, в настоящее время являются наиболее перспективными для решения новых задач, возникающих в связи с ужесточением требований, предъявляемых к таким параметрам радиоэлектронных систем, как помехоустойчивость, точность и быстродействие.

ВОЗМОЖНОСТЬ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ С ПОМОЩЬЮ ДИСКРЕТНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Одним из важнейших свойств дискретных ортогональных преобразований является концентрация энергии спектра в относительно небольшом числе спектральных компонент. Причем если сигнал и помеха имеют различные базисные функции, то дискретное ортогональное преобразование смеси сигнала и помехи в базисе сигнала сосредоточит спектр сигнала в узкой полосе по сравнению с полосой, занимаемой помехой в этом базисе. С другой стороны, дискретное ортогональное преобразование в базисе помехи, наоборот, сосредоточит спектр помехи в узкой полосе по сравнению с полосой, занимаемой сигналом. Указанное свойство дискретных ортогональных преобразований позволяет решить задачу компенсации помех путем полосовой фильтрации или режекции соответствующего участка спектра.

Концентрация энергии спектра помехи в узком диапазоне частот с использованием дискретных ортогональных преобразований является, по сути, декорреляцией коррелированной помехи (т.е. помехи с неравномерной спектральной плотностью в полосе обрабатываемого сигнала). Причем чем уже полоса сосредоточения спектра помехи, тем значительнее ее подавление.

Рассмотрим данный метод компенсации помех применительно к задаче различения двух сигналов в двоичной системе передачи информации. При этом получается, что необходимо принять одно вполне определенное решение: какой из сигналов-прототипов \mathbf{s}_1 или \mathbf{s}_2 содержится в принятой реализации \mathbf{r} .

Пусть вектор наблюдений на входе приемного устройства представляет собой аддитивную смесь вектора полезного сигнала и реализацию случайного вектора мешающего воздействия \mathbf{f} :

$$\mathbf{r} = \mathbf{s}_j + \mathbf{f}.$$

Здесь \mathbf{s}_j – один из двух возможных полезных сигналов \mathbf{s}_1 или \mathbf{s}_2 , которые называют сигналами-прототипами или опорными сигналами; $\mathbf{r} = [r_1 \ r_2 \ \dots \ r_N]^T$ – вектор наблюдений; $\mathbf{f} = [f_1 \ f_2 \ \dots \ f_N]^T$ – вектор помехи с корреляционной матрицей \mathbf{K}_f .

Таким образом, целью использования ортогональных преобразований для компенсации помех является перевод вектора мешающего воздействия (помехи) \mathbf{f} , компоненты которого коррелированы, в вектор $\mathbf{y} = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_N]^T$ с менее коррелированными (в идеале – независимыми) компонентами.

Метод компенсации преднамеренных помех при цифровой обработке сложных сигналов на основе ортогональных преобразований основан на следующих операциях над сигналом [1, 2]:

– преобразование выборки временного $\mathbf{r} = \mathbf{s}_j + \mathbf{f}$ сигнала в другое пространство (например, в частотную область) с использованием дискретного ортогонального преобразования [например, дискретного преобразования Фурье (ДПФ)]:

$$\mathbf{z} = \mathbf{W}\mathbf{r};$$

$$\mathbf{x}_j = \mathbf{W}\mathbf{s}_j;$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{W}\mathbf{f};$$

– оценка спектра помехи $\hat{\mathbf{y}} = [\hat{y}_0 \ \hat{y}_1 \ \dots \ \hat{y}_{N-1}]$, которая выполняется определением тех спектральных составляющих $\hat{\mathbf{y}}_\eta = [\hat{y}_v \ \dots \ \hat{y}_\varepsilon]$, для которых наблюдается превышение некоторого заданного порога h , т. е.

$$\hat{\mathbf{y}}_\eta = [\hat{y}_v \ \dots \ \hat{y}_\varepsilon] \geq h, \text{ где } v, \varepsilon \in \{0, \dots, N-1\};$$

– вычитание (исключение) из спектра входного сигнала $\mathbf{z} = \mathbf{W}\mathbf{r}$ оценки спектра помехи, т. е.

$$\mathbf{z}_\eta = \mathbf{z} - \hat{\mathbf{y}}_\eta = \mathbf{x}_j + \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}_\eta.$$

Принцип компенсации во временной области, при котором оценка помехи формируется описанным выше способом, можно записать, используя обратное ортогональное преобразование

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_\eta &= \mathbf{W}^{-1}\mathbf{z}_\eta = \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{z} - \hat{\mathbf{y}}_\eta) = \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{x}_j + \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}_\eta) = \\ &= \mathbf{s}_j + \mathbf{f} - \hat{\mathbf{f}}_\eta, \end{aligned}$$

где $\hat{\mathbf{f}}_\eta$ – оценка помехи во временной области, т. е. в базисе, соответствующему представлению сигнала в форме, совместимой с устройствами цифровой обработки сигналов после аналогово-цифрового преобразователя.

Структурная схема цифрового коррелятора для различения двух сигналов с реализацией метода компенсации помех изображена на рис. 1.

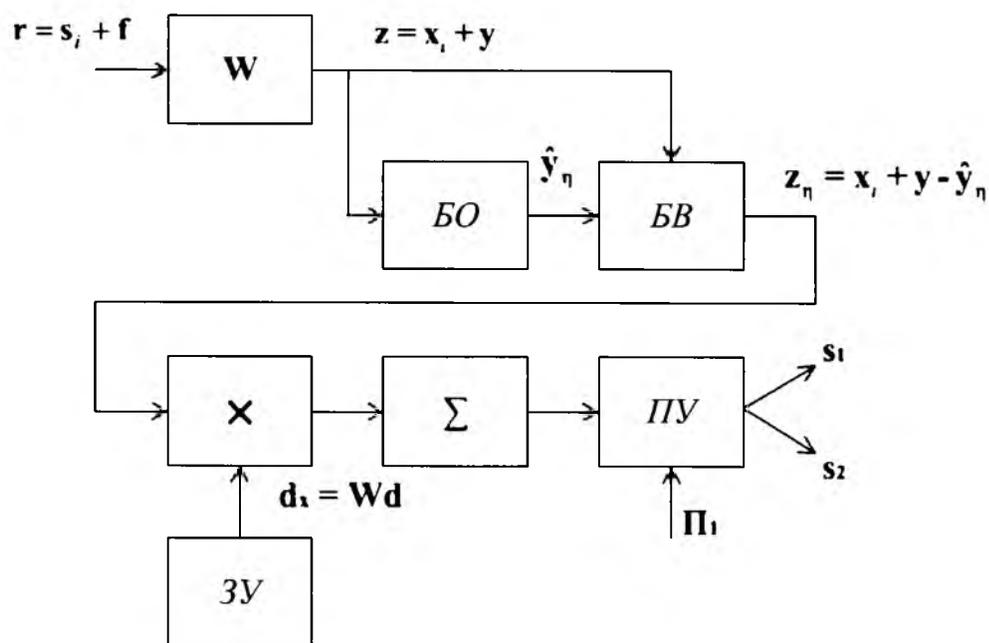


Рис. 1. Структурная схема цифрового коррелятора для различения двух сигналов

На рис. 1 используются следующие обозначения: БО – блок оценки, формирующий оценку тех спектральных составляющих $\hat{y}_\eta = [\hat{y}_\nu \dots \hat{y}_\varepsilon]$, для которых наблюдается превышение некоторого заданного порога h ; БВ – блок вычитания, формирующий сигнал $z_\eta = x_i + y - \hat{y}_\eta$; ЗУ – запоминающее устройство, хранящее координаты вектора \mathbf{d} ; $\mathbf{d} = \mathbf{s}_1 - \mathbf{s}_2$ – вектор разностного сигнала; ПУ – пороговое устройство.

Рассмотренный выше метод до настоящего времени реализовывался в основном только с помощью преобразования Фурье, при этом выбор эффективного (по какому-либо критерию) преобразования не проводился [3].

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ДИСКРЕТНОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ

Целью использования ортогональных преобразований является перевод вектора помехи, компоненты которого коррелированные, в вектор с менее коррелированными компонентами. Именно с этой точки зрения и рассматривается вопрос эффективности применения ортогональных преобразований в схемах компенсации преднамеренных помех. При этом несомненную важность имеет неравномерное распределение энергии по компонентам преобразованного вектора, т. е. когда основная часть энергии помехи концентрируется в малом количестве компонент-трансформант.

Дискретные ортогональные преобразования [Фурье, Уолша, Хаара, Хартли, дискретное косинусное преобразование (ДКП)] [3] могут быть получены как результат дискретизации разложений в ряд по некоторым ортогональным системам функций $\{\varphi_k(t)\}_{k=0}^\infty$, когда исходный аналоговый сигнал представляется в виде

$$x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k \varphi_k(t), \tag{1}$$

а дискретный – в виде

$$x_n = x(nT) = \sum_{k=0}^{\infty} y_k \varphi_k(nT), \quad (2)$$

где T – интервал дискретизации и $n \in Z$.

Для концентрации основной энергии помехи в малом числе коэффициентов обобщенного спектра необходимо построить такой полный ортогональный базис $\{\varphi_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$, который позволяет достаточно точно представить непрерывную помеху (1) в виде конечной суммы с малым числом слагаемых:

$$x(t) = x_n(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k \varphi_k(t). \quad (3)$$

Из приведенных рассуждений следует, что обычно, выполнив ДПФ помехи, можно отбросить коэффициенты дискретного спектра $\{y_k\}_{k=0}^{N-1}$, номера индексов которых близки к номеру, соответствующему максимальному значению.

Помимо тригонометрической системы для представления сигналов в виде ряда (1) можно использовать и другие функциональные базисы $\{\varphi_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$. Основной вопрос при этом заключается в следующем: какую базисную систему функций использовать предпочтительнее? Природа спектров реальных сигналов и помех позволяет предположить, что частотные спектры используемых базисных функций $\{\varphi_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$ должны различаться, образуя выраженные низко- и высокочастотные области локализации энергии в спектральной области. Тогда заранее можно предположить, что коэффициенты Фурье, соответствующие «высокочастотным» базисным функциям, будут вносить малый вклад в разложение (1).

Системы Уолша и Хаара обладают общими свойствами: с увеличением номера базисной функции локализация ее энергии в частотной области смещается в сторону высоких частот [3].

Исторически для представления сигнала на конечном интервале наблюдения длительности T использовалась тригонометрическая система (или базис комплексных экспонент):

$$\left\{ \varphi_k(t) = e^{i \frac{2\pi}{T} kt} \right\}_{k=-\infty}^{\infty}.$$

Тригонометрический базис является наилучшим выбором для представления узкополосных процессов (исходного аналогового сигнала или последовательности отсчетов дискретного сигнала) во многих практических задачах. Этот базис оказывается в определенном смысле оптимальным при работе со стационарными случайными процессами.

Однако в силу возможного непостоянства статистических свойств дискретного сигнала его описание через ковариационную матрицу не всегда адекватно: реальные, интересующие нас сигналы во многих случаях являются нестационарными случайными процессами, имеют «особенности» во временной области. Для представления этих особенностей тригонометрический базис неприемлем и вызывает хорошо известный эффект Гиббса, связанный с распространением влияния ошибки при отбрасывании части спектральных коэффициентов на всю область тригонометрического разложения сигнала.

Для эффективного подавления помех к их функциональному базису $\{\varphi_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$ должны предъявляться достаточно противоречивые требования, а именно:

– локализация (в идеале – ограниченность носителя) базисных функций в частотной области (поскольку базисные функции, имеющие высокочастотную локализацию, вносят малый вклад в разложение большинства реальных сигналов, и соответствующие им коэффициенты Фурье не нужно компенсировать);

– локализация (в идеале – ограниченность носителя) базисных функций во временной области для возможности эффективного подавления локальных особенностей сигнала, когда высокочастотные составляющие разложения значимы и должны быть подавлены.

Таким образом, ни для какой функции нельзя добиться высокой локализации энергии одновременно, т. е. и в частотной, и во временной областях. Поэтому, как следует из принципа неопределенности представления сигнала на плоскости время×частота, приведенные требования к искомому базису $\{\varphi_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$ находятся в противоречии.

В то же время для рассмотренного метода компенсации помех важно локализовать энергию помехи в одном из базисов. При этом чем выше степень «локализации» помехи, т. е. чем в меньшем числе компонент сосредоточена большая часть ее энергии, тем более значительно она может быть компенсирована. Как уже отмечалось, диапазон частот, в котором сконцентрирована энергия спектра помехи, тем уже, чем более она декоррелирована по сравнению с ее представлением во временном базисе. Максимальная степень декорреляции достигается применением дискретного ортогонального преобразования Карунена-Лоэва, [3, 5] возможности которого на практике, к сожалению, ограничены. Рассмотрим далее методику выбора дискретных ортогональных преобразований для компенсации помех при цифровой обработке сигналов.

Отсутствие быстрых алгоритмов вычисления и зависимость параметров оптимального преобразования Карунена-Лоэва от структуры корреляционной матрицы \mathbf{K}_x преобразуемого процесса вынуждают использовать на практике другие ортогональные преобразования [4].

Критерий, по которому может быть оценена эффективность применения ортогональных преобразований для компенсации преднамеренных помех, основан на следующих рассуждениях. Мерой априорной неопределенности для непрерывной случайной величины X с функцией плотности распределения вероятностей $f(x)$ является дифференциальная энтропия [3]:

$$H(X) = - \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log f(x) dx.$$

Среднюю безусловную энтропию одной компоненты вектора трансформант можно записать следующим образом [3]:

$$H_{\text{ср}} = \frac{1}{2N} \sum_{k=0}^{N-1} \log \sigma_k^2 + c = \frac{1}{2N} \log \prod_{k=0}^{N-1} \sigma_k^2 + c,$$

где c – некоторая константа, не зависящая от вида используемого преобразования и его размерности.

Необходимые значения $\sigma_k^2 = \sigma_{y_k}^2$ дисперсий компонент y_k являются диагональными элементами матрицы $\mathbf{K}_y = \mathbf{W}\mathbf{K}_x\mathbf{W}^T$ и могут быть найдены по формуле

$$\sigma_k^2 = \sum_{m=0}^{N-1} w_{k,m} \sum_{j=0}^{N-1} w_{k,j} \text{cov}(x_m, x_j).$$

При использовании понятия дифференциальной энтропии для анализа априорной неопределенности непрерывных случайных величин реальное содержание имеют не сами значения энтропии, а их отличия друг от друга (т. е. разности). Рассматривая среднюю безусловную энтропию одного элемента вектора трансформант y как характеристику декоррелирующих свойств ортогональных преобразований, в качестве «точки отсчета» можно ввести в рассмотрение следующий параметр:

$$\Delta H(\mathbf{W}, \mathbf{K}_x) = \frac{1}{2N} \log \left(\frac{\prod_{k=0}^{N-1} \sigma_k^2}{\det \mathbf{K}_x} \right). \quad (4)$$

Данная величина называется средней избыточной энтропией [3]. Величина (4) характеризует неполную декорреляцию компонент в векторе-трансформант y . Чем больше значение (4), тем меньше эффективность декоррелирующего преобразования с матрицей W .

Можно показать, что величина (4) всегда является неотрицательной и принимает нулевое значение для преобразования Карунена–Лоэва. Таким образом, чем меньше величина средней избыточной энтропии, тем ближе свойства используемого дискретного ортогонального преобразования к оптимальным. То есть наихудший случай имеет место тогда, когда суммарная дисперсия (фактически энергия сигнала) равномерно распределена по всем коэффициентам-трансформантам.

Из формулы (4) следует, что при фиксированной размерности N «худший» вариант использования ортогонального преобразования дает максимальное значение параметра

$$P = \prod_{k=0}^{N-1} \sigma_k^2.$$

Наложив на дисперсию коэффициентов-трансформант ограничение

$$\sum_{k=0}^{N-1} \sigma_k^2 = \text{const}, \quad (5)$$

можно убедиться в том, что максимум выражения (5) достигается при $\sigma_0^2 = \sigma_1^2 = \dots = \sigma_{N-1}^2$. То есть «наихудший» случай имеет место тогда, когда суммарная дисперсия (фактически энергия сигнала) равномерно распределена по всем коэффициентам-трансформантам.

Оптимальность же применения преобразования можно понимать как его способность к концентрации большей части энергии дискретной помехи в малом количестве коэффициентов-трансформант. В этом смысле задача выбора преобразования принимает вид задачи, в которой надо найти такое преобразование, чтобы для заданного набора Ω отбрасываемых (подавляемых) коэффициентов-трансформант их суммарная дисперсия (энергия) $\sum_{k \in \Omega} \sigma_k^2$ была максимальной. Такой подход к анализу эффективности применения дискретных ортогональных преобразований для компенсации помех универсален, он может дать разные результаты сравнения преобразований при различном количестве отбрасываемых коэффициентов. Для иллюстрации декоррелирующих свойств ДКП приведем расчетные значения [3] средней избыточной энтропии (4), соответствующие некоторым дискретным преобразованиям вектора X , который состоит из 16 компонент и описывается моделью марковского процесса первого порядка с ковариационной матрицей [4]:

$$K_x = \sigma^2 R_x = \sigma^2 \begin{bmatrix} 1 & \rho & \dots & \rho^{N-1} \\ \rho & 1 & \dots & \rho^{N-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho^{N-1} & \rho^{N-2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где σ^2 – дисперсии отдельных компонент случайного вектора X .

На рис. 2 отражены результаты сравнения следующих ортогональных преобразований: ДПФ, дискретное преобразование Хаара (ДПХ), дискретное преобразование Уолша (ДНУ), дискретное косинусное преобразование (ДКП). Как видно из рис. 2, из рассмотренных дискретных ортогональных преобразований ДКП обладает наиболее близкими характеристиками к оптимальному преобразованию Карунена–Лоэва. Преимущество ДКП над ДПФ, ДНУ, ДПХ и дискретным преобразованием Хартли существенно для всех значений параметра ρ . Этим объясняется широкое применение ДКП во многих приложениях.

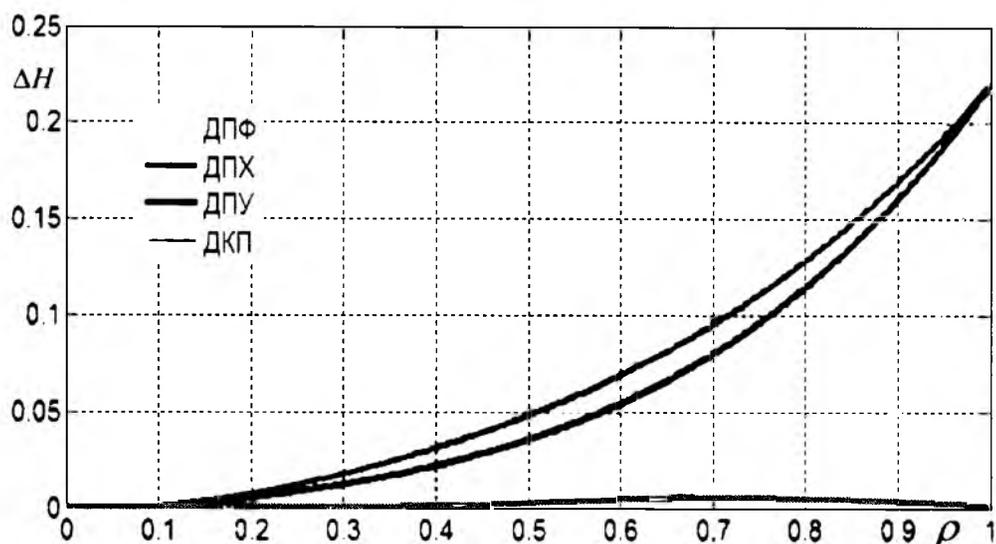


Рис. 2. Результаты сравнения ортогональных преобразований

Широкое распространение ДКП связано с его высокой декоррелирующей способностью при обработке дискретных сигналов, имеющих статистику марковского процесса. Ковариационная матрица \mathbf{K}_X вектора \mathbf{X} , являющегося реализацией стационарного марковского процесса первого порядка, определена нами в виде матрицы (6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный метод компенсации преднамеренных помех имеет отличительную особенность – применяется обработка сигналов с изменением пространства преобразования на основе эффективных (с точки зрения компенсации помех) ортогональных преобразований.

Одним из важнейших свойств дискретных ортогональных преобразований является концентрация энергии спектра в относительно небольшом числе спектральных компонент. Дискретное ортогональное преобразование в базисе помехи сосредоточит спектр помехи в узкой полосе по сравнению с полосой, занимаемой сигналом. Указанное свойство дискретных ортогональных преобразований позволяет решить задачу компенсации помех путем полосовой фильтрации или режекции соответствующего участка спектра.

Концентрация энергии спектра помехи в узком диапазоне частот с использованием дискретных ортогональных преобразований является, по сути, декорреляцией коррелированной помехи (т. е. помехи с неравномерной спектральной плотностью в полосе обрабатываемого сигнала). При этом чем уже полоса сосредоточения спектра помехи, тем значительнее ее подавление.

Таким образом, использование ортогональных преобразований является переводом вектора помехи, компоненты которого коррелированы, в вектор с менее коррелированными (в идеале – независимыми) компонентами. Другая цель использования ортогональных преобразований – сокращение вычислений путем использования быстрых алгоритмов их реализации.

Принцип компенсации во временной области, при котором оценка помехи формируется описанным выше способом, записывается с использованием обратного ортогонального преобразования

$$\mathbf{r}_\eta = \mathbf{W}^{-1} \mathbf{z}_\eta = \mathbf{W}^{-1} (\mathbf{z}_\eta - \hat{\mathbf{y}}_\eta) = \mathbf{W}^{-1} (\mathbf{x}_\eta + \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}_\eta) = \mathbf{s}_\eta + \mathbf{f} - \hat{\mathbf{f}}_\eta,$$

где \hat{f}_n – оценка помехи во временной области, т. е. в базисе, соответствующем представлению сигнала в форме, совместимой с устройствами цифровой обработки сигналов после аналогово-цифрового преобразователя.

Для концентрации основной энергии сигнала в малом числе коэффициентов обобщенного спектра необходимо построить такой полный ортогональный базис, который позволяет достаточно точно представить непрерывный сигнал в виде конечной суммы с малым числом слагаемых. В этом случае, отбросив (исключив из обработки) коэффициенты дискретного спектра, номера индексов которых близки к номеру, соответствующему максимальному значению, можно обеспечить максимальное подавление преднамеренной помехи.

Для эффективной компенсации помех важно локализовать энергию в одном из базисов. При этом чем выше степень «локализации» помехи, т. е. чем в меньшем числе компонент сосредоточена большая часть ее энергии, тем более значительно она может быть компенсирована. Диапазон частот, в котором сконцентрирована энергия спектра помехи тем уже, чем более она декоррелирована по сравнению с ее представлением во временном базисе. Максимальная степень декорреляции достигается применением дискретного ортогонального преобразования Карунена–Лозва, возможности которого на практике ограничены.

Отсутствие быстрых алгоритмов вычисления и зависимость параметров оптимального преобразования Карунена–Лозва от структуры корреляционной матрицы \mathbf{K}_x преобразуемого процесса вынуждают использовать на практике другие ортогональные преобразования. Критерий, по которому может быть оценена эффективность применения ортогональных преобразований \mathbf{W} для компенсации преднамеренных помех, основан на понятии средней избыточной энтропии $\Delta H(\mathbf{W}, \mathbf{K}_x)$. Чем больше значение этой величины, тем ниже эффективность декорреляции. Для оптимального преобразования Карунена–Лозва значение параметра $\Delta H(\mathbf{W}, \mathbf{K}_x)$ равно нулю.

Таким образом, среди «сверхбыстрых» преобразований дискретное косинусное преобразование потенциально наиболее эффективно для декорреляции данных, описываемых моделью дискретного марковского процесса.

В заключение приведем результаты моделирования процесса компенсации помех. На рис. 3–6 показаны результаты экспериментального исследования метода компенсации преднамеренных помех при цифровой обработке сложных сигналов на основе ортогональных преобразований.

Односторонний спектр мощности до обработки

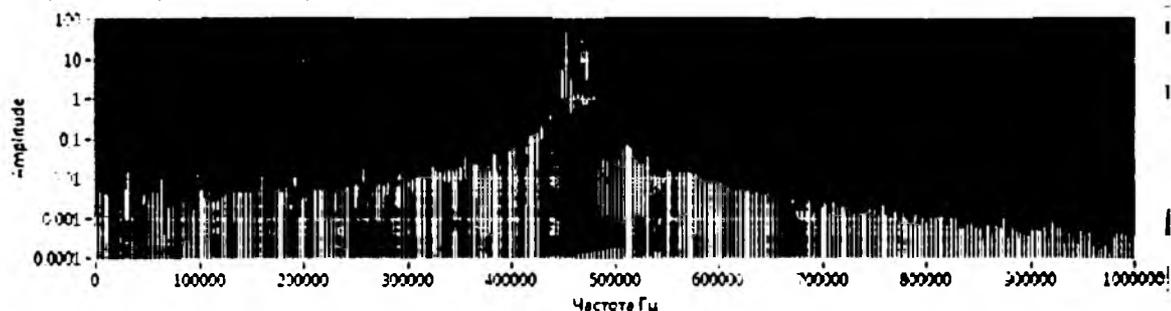


Рис. 3. ДПФ входного сигнала

Односторонний спектр мощности после обработки

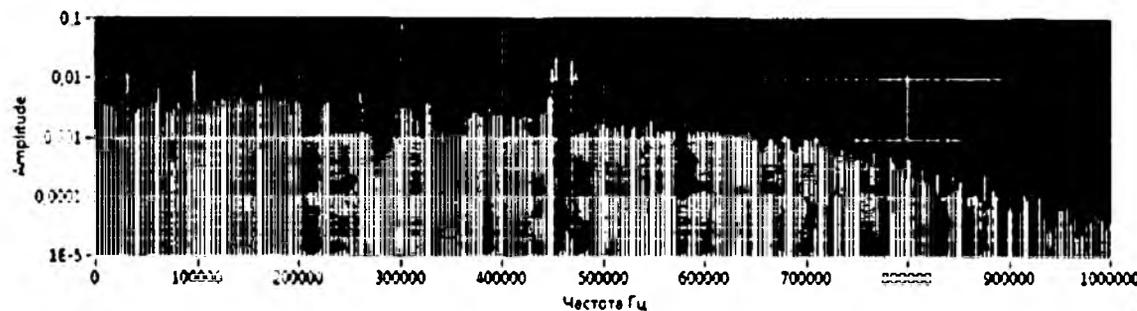


Рис. 4. Результирующий сигнал для ДПФ

Односторонний спектр мощности до обработки

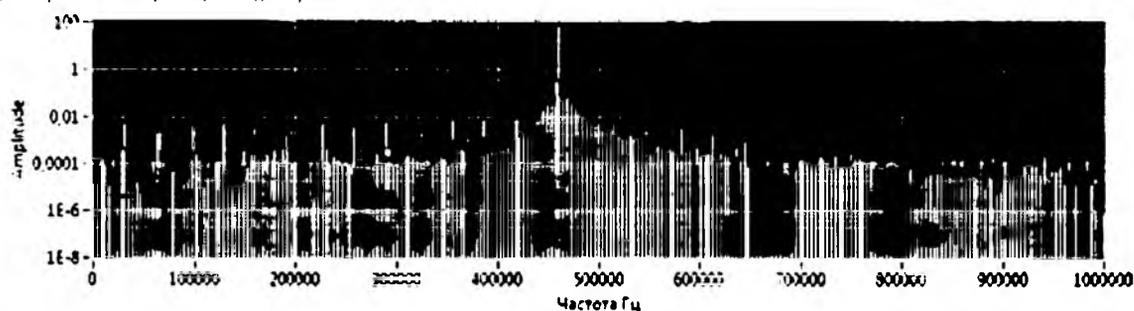


Рис. 5. ДКП входного сигнала

Односторонний спектр мощности после обработки

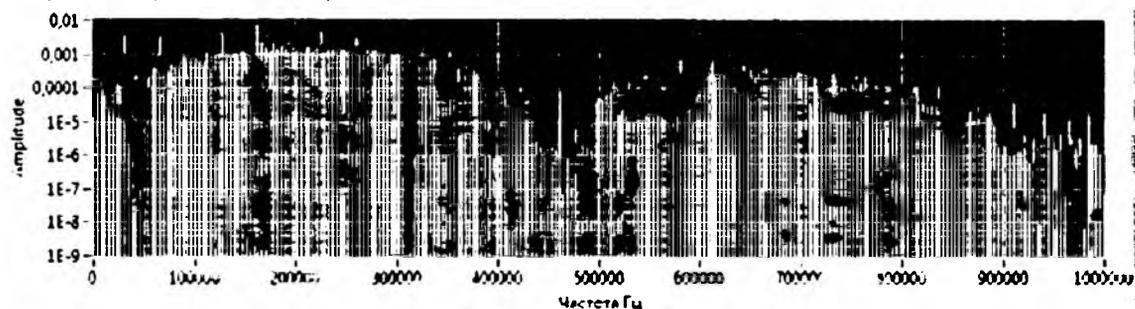


Рис. 6. Результирующий сигнал для ДКП

Рис. 3, 5 иллюстрируют преобразование выборки временного сигнала в другое пространство с использованием дискретного ортогонального преобразования: рис. 3 – для ДПФ, рис. 5 – для ДКП. Рис. 4, 6 иллюстрируют вычитание (исключение) из спектра входного сигнала оценки спектра помехи, при одинаковой полосе режекторного фильтра: рис. 4 – для ДПФ, рис. 6 – для ДКП.

Уровень компенсации помехи при ДПФ составил величину порядка 60 дБ, при ДКП – 65 дБ.

Список используемых источников

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А.И. Петрова, В.Н. Харисова. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.: ил.

2. Милстайн Л.Б. Методы подавления помех в системах радиосвязи с широкополосными сигналами // ТИИЭР. – 1988. – Т. 76, № 6. – С. 19–36.

3. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 304 с.

4. Харченко А.В., Топчий П.Н. Различение сигналов на основе ортогональных преобразований // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2007. – Вып. 622: Космическая радиоэлектроника. – С. 121–129.

5. Харченко А.В., Хрущев А.В. Практическое применение дискретного преобразования Карунена-Лозва при цифровой обработке сигналов // Труды третьей военно-научной конференции Космических войск. В 4 т. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2007. – Т. 3. – С. 491–495.

С.А. Багрецов,
доктор технических наук, профессор:
Э.В. Мищенко

СИСТЕМА ОТБОРА КАНДИДАТОВ И ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СИСТЕМЕ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМЕЮЩИХСЯ РЕСУРСОВ

Предложен метод подбора кандидатов и подготовки специалистов в системе военного образования с учетом распределения имеющихся для подготовки (доподготовки) специалистов ресурсов.

Ключевые слова: отбор специалистов, распределение ресурсов подготовки.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все развитые государства мира реализуют программы формирования систем непрерывного образования (обучения на протяжении всей жизни – life-long learning). В последнее десятилетие предпринят ряд шагов по содержательной модернизации профессионального образования, по повышению его качества, по интеграции российского профессионального образования в международное образовательное пространство. В первую очередь речь идет о вхождении России в Болонский процесс, о повышении гибкости образовательных программ, о преодолении ранней узкой специализации, о внедрении федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования. Эти стандарты предусматривают большую самостоятельность образовательных организаций, возможность индивидуализации. Важным фактором, неблагоприятно влияющим на качество образования, распространение современных технологий и методов преподавания, является состояние кадрового потенциала на всех его уровнях. Обновление профессиональных компетенций и повышение уровня подготовки управленческого и педагогического корпуса требуют большей мобильности и гибкости системы повышения квалификации, основанной на единых рамках профессиональных умений, но адресно отвечающей на персональные запросы педагогов и вузов [6].

ВКА имени А.Ф. Можайского не является исключением, ведь в организации учебного процесса особую роль играет уровень компетенций преподавательского и инженерного состава, которые принимают непосредственное участие в образовательном процессе. Существует множество методик и методов подготовки (доподготовки) специалистов, однако с учетом дефицита времени, образующегося за счет непрерывного и стремительного прогресса в технической и общественной сферах деятельности, и экономического фактора руководители все больше внимания уделяют профессиональному отбору специалистов. И это не случайно. Бытовало мнение, что при небольшом начальном объеме знаний любой кандидат способен вырасти в специалиста в ходе своей профессиональной деятельности. В процессе подбора и подготовки специалистов можно четко отследить два очень распространенных заблуждения:

– сохранение численности претендентов, отбираемых на замещение вакантных должностей, на постоянном уровне обеспечивает примерно такое же количество и качество специалистов;

– у нас и так достаточно высококвалифицированных специалистов, способных подготовить себе достойную замену. [3]

Так, решение задач по достижению и поддержанию специалистами систем управления должного уровня компетенции решается мероприятиями подготовки и доподготовки (повы-

шения квалификации) отобранных специалистов. В целях определения целесообразности назначения сотрудника на вакантную должность и в повседневной жизнедеятельности зачастую требуется оценить уровень компетенции будущего (действующего) сотрудника, а при необходимости – временные и стоимостные ресурсы, требующиеся для повышения уровня его компетенции до значений, обеспечивающих успешное выполнение им обязанностей на определенной для него должности. Описанная ниже система может быть использована для оценки таких показателей или проведения конкурса среди имеющихся достойных (подходящих по предъявляемым требованиям) кандидатов, или, когда ни один из рассматриваемых кандидатов не подходит на рассматриваемую должность, однако имеется ресурс (временной, стоимостный и т. п.), позволяющий повысить текущие уровни компетенций этих кандидатов. В этом случае решение о назначении на должность необходимо принимать с учетом рационального распределения имеющихся для доподготовки (повышения квалификации) специалистов ресурсов. Важное значение в обосновании системы доподготовки имеют также задачи, связанные с определением рационального состава средств подготовки и коррекции психологических качеств специалистов.

Особенностью данных задач является то, что в них присутствуют некоторые ограничения на расходуемые ресурсы, чаще всего временного и стоимостного характера. Наличие частных ограничений обуславливается тем фактом, что, во-первых, специалисты обладают неким начальным уровнем набора компетенций, навыков, умений и способностей (нижняя граница ограничений), а во-вторых, для выполнения обязанностей на конкретной должности необходимо обладать определенным, достаточным для этой должности, набором знаний (верхняя граница ограничений), хотя естественно, что эта граница условна и может быть сколь угодно высока. [1]

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ С УЧЕТОМ ИМЕЮЩИХСЯ РЕСУРСОВ

Для решения указанных задач будем рассматривать двухуровневую систему управления, состоящую из подсистем, управляемых компетенций специалистов первого уровня S_1, \dots, S_n , в свою очередь подчиненных органу управления второго уровня (рис. 1).

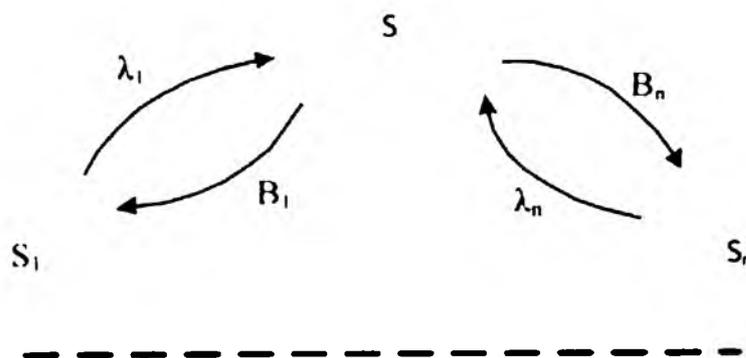


Рис. 1. Двухуровневая иерархическая система развития уровней компетенции специалистов

Орган управления второго уровня в данном случае решает задачу распределения ресурсов в интересах достижения глобального оптимума компетенций специалистов.

Ситуация управления процессом подготовки и коррекции психологических характеристик

специалистов в этом случае описывается набором имеющихся ресурсов x , распадающихся на n поднаборов $X=(x_1, \dots, x_n)$, обеспечивающих положительные изменения уровней компетенции S_1, \dots, S_n представителей специальностей, используемых для замещения воинских должностей.

Целевые функции совершенствования видов компетенции S_1, \dots, S_n соответствуют выражениям $J_1=f_1(x_1), \dots, J_n=f_n(x_n)$, а целевую установку органа управления S будем считать равной их сумме:

$$J = \sum_{i=1}^n \alpha_i f_i(x_i),$$

где α_i – значимость i -й компетенции в системе подготовки специалиста, а сумма $\alpha_i = 1$.

Переменные x_i связаны n ограничениями локального характера, $q_i(x_i)=b_i$ ($i=1, \dots, n$), где b можно интерпретировать как ресурсы подсистемы S_i при m ограничениях α_j глобального характера $(\alpha_j, b_j)=r_j$ ($j=1, \dots, m$), наложенных на вектор ресурсов $b=(b_1, \dots, b_n)$. Таким образом, данная задача является типичной задачей нелинейного программирования.

Процедура оптимизации такой системы состоит из двух этапов. На первом этапе ищутся параметрически оптимальные решения локальных задач без учета глобальных ограничений $J_i=f_i(x_i) \max, q_i(x_i)=b_i$.

Функция Лагранжа для подобных задач будет иметь вид: $\alpha_i=f_i(x_i)-(\lambda_i, q_i(x_i)-b_i)$, дифференцируя эти функции по x_i и λ_i , получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial f_i}{\partial x_i} - \left(\frac{\partial q_i}{\partial x_i}\right)^T \lambda_i = 0; \\ q_i(x_i) = b_i \quad i = \overline{1, n} . \end{cases}$$

Оптимальные решения этой системы параметрически зависят от количества ресурсов, которыми располагает подсистема управления S_i , то есть $x_i = x_i(b_i)$.

На втором этапе решается глобальная задача оптимизации распределения ресурсов. Для этого функции $x_i(b_i)$ подставляются в глобальный критерий оптимальности и ищется максимум этого критерия по переменным b :

$$J = \sum_{i=1}^n f_i[x_i(b_i)] \rightarrow \max_b$$

при ограничениях $(\alpha_j, b_j)=r_j$, ($j=1, \dots, m$).

Следует сказать, что для решения указанных задач важным моментом является выбор математической модели изменения уровня компетенции в зависимости от затраченных на ее повышение ресурсов. Математическая психология и ее наиболее развитый раздел – теория обучения утверждают, что процесс формирования профессиональных знаний, навыков и умений в общем виде может быть описан по одному из двух законов:

– экспоненциальному:

$$f_i(x_i) = (1 - \exp(-q_i x_i)) f_{\max};$$

– логистическому:

$$f_i = \frac{f_{\max}}{1 + a_i e^{-q_i x_i}} .$$

$$\text{где } q_i = \frac{(1+a)^2}{f_{i \max}} \frac{\partial f_i(x_i)}{\partial x_i};$$

$$a_i = \frac{f_{i \max}}{f_i(x_i=0)} - 1;$$

$f_{i \max}$ – максимально достижимое значение i -й компетенции в профессиональной деятельности рассматриваемого специалиста;

$f_i(x_i=0)$ – начальное значение i -й компетенции;

q_i – интенсивность формирования i -й компетенции у специалиста;

a_i – весовой коэффициент i -й компетенции.

Исследуя логистическую кривую, можно показать, что при $x_i \gg 0$ график функции $f_i(x_i) = f_i^*(x_i) = 1 - \exp(-q_i x_i)$. Таким образом, функция $f_i(x_i)$ характеризует специалиста в период приобретения им компетенций в функциональной деятельности, а функция $f_i^*(x_i)$ соответствует специалисту, имеющему устойчивые знания, навыки и умения в решении профессиональных задач.

Проведенные исследования показывают, что получить аналитическое решение в общем виде при таких начальных условиях и ограничениях не представляется возможным, поэтому необходимо использовать численные методы решения задач нелинейного программирования. При этом в зависимости от выбранной модели изменения уровня компетенции специалиста на первом этапе необходимо использовать несколько таких методов с целью проведения сравнительного анализа их эффективности, что позволит учесть особенность целевой функции и получить более достоверный результат.

Кроме того, в моделях изменения уровней компетенций необходимо учитывать возможность выбора вариантов применяемых средств и методик обучения. Это позволяет за счет учета стоимости обучения (доподготовки) изменять время достижения определенного уровня компетенций, определяющих профессиональную подготовку специалиста. Решение этой задачи дает возможность планировать доподготовку и подготовку специалистов с учетом их начального уровня, имеющихся ресурсов, средств и методов организации учебного процесса компетенций. На основании полученных результатов далее принимается решение о кадровом назначении кандидата на предполагаемую должность.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ С УЧЕТОМ ИМЕЮЩИХСЯ РЕСУРСОВ

Рассмотрим пример решения задачи о кадровом назначении двух кандидатов, претендующих на одну из вакантных должностей, с помощью указанного алгоритма. Как говорилось выше, Функция Лагранжа для этих задач будет иметь вид $a_i = f_i(x_i) - (\lambda_i g_i(x_i - b_i))$, дифференцируя эти функции по x_i и λ_i , получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial f_i}{\partial x_i} - \left(\frac{\partial q_i}{\partial x_i} \right)^T \lambda_i = 0; \\ q_i(x_i) = b_i \quad i = \overline{1, n} . \end{cases}$$

Определим исходные данные: мы имеем возможность определить уровень обученности каждого кандидата по десяти наиболее важным (равнозначные относительно друг друга) для работодателя параметрам интегральной составляющей компетенции, способность каждого кандидата к обучению, также есть возможность (время и деньги) провести курс обучения (доподготовки/переподготовки). Минимальным значением суммы интегральных компетен-

ций, достаточным для исполнения обязанностей по конкретной должности, примем 98 единиц. Исходные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные

Пар-р	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кандидат 1										
f_{max}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
f_o	4	6	6	8	6	7	9	5	4	5
q_k	1									
Кандидат 2										
f_{max}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
f_o	8	7	8	6	8	7	7	5	8	6
q_k	0,6									

Примечание. В таблице введены обозначения: f_o – начальный уровень компетенции кандидатов; f_{max} – предельный уровень компетенции по данной составляющей; q_k – коэффициент обучаемости кандидата.

Как видно из таблицы, начальный уровень компетенции кандидатов (60 и 70 единиц) ниже минимально допустимого. Модель обучения по каждому из десяти параметров интегральной составляющей компетенции примем логистическую и рассчитаем время, необходимое кандидатам для повышения уровня компетенции до порогового значения. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов

Пар-р	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кандидат 1										
a_i	4	4	1,5	2,3333	1	2,3333	4	1,5	4	2,3333
$t_{треб}$	4,5342	4,4329	6,631	5,7026	6,8260	5,8850	4,534	6,6312	4,4329	5,7026
Кандидат 2										
a_i	0,66666	1,5	0,66666	1,5	1	1,5	0,66666	1,5	1	1,5
$t_{треб}$	5,70553	5,70553	5,7055	7,27524	6,48424	7,27524	5,7055	7,27524	6,48424	7,27524

Примечание. В таблице введены обозначения: $t_{треб}$ – время для повышения уровня компетенции по данной составляющей при данных начальных условиях до требуемого; a_i – весовой коэффициент по данной составляющей компетенции.

Расчеты показали, что для достижения необходимого уровня компетенции кандидатам потребуется 35 и 50 единиц времени соответственно. При наличии ограничения только по времени обучения целесообразно принять на работу первого кандидата. Однако помимо временных ограничений имеется и финансовая составляющая вопроса отбора и подготовки кандидатов.

Для определения стоимости подготовки кандидатов учтем, что интенсивность обучения не может превысить коэффициент обучаемости кандидата и будет зависеть от используемых средств и методик. Так, вариантам с более высокой интенсивностью обучения соответствуют методы, предусматривающие тренажерные средства или методы практического обучения. В этом случае и стоимость обучения будет высока по сравнению с методами самостоятельного обучения с использованием литературы. Характеристики используемых в нашем примере вариантов обучения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики вариантов обучения

Вариант обучения	1	2	3	4	5	6	8
Интенсивность обучения (t)	0,1	0,25	0,4	0,5	0,65	0,8	1
Стоимость обучения (C)	0,5	1,25	2	2,5	3,25	4	5

На рис. 2 показана структурная схема алгоритма отбора специалистов и распределения ресурсов на их подготовку с учетом возможности выбора методов и методик подготовки.

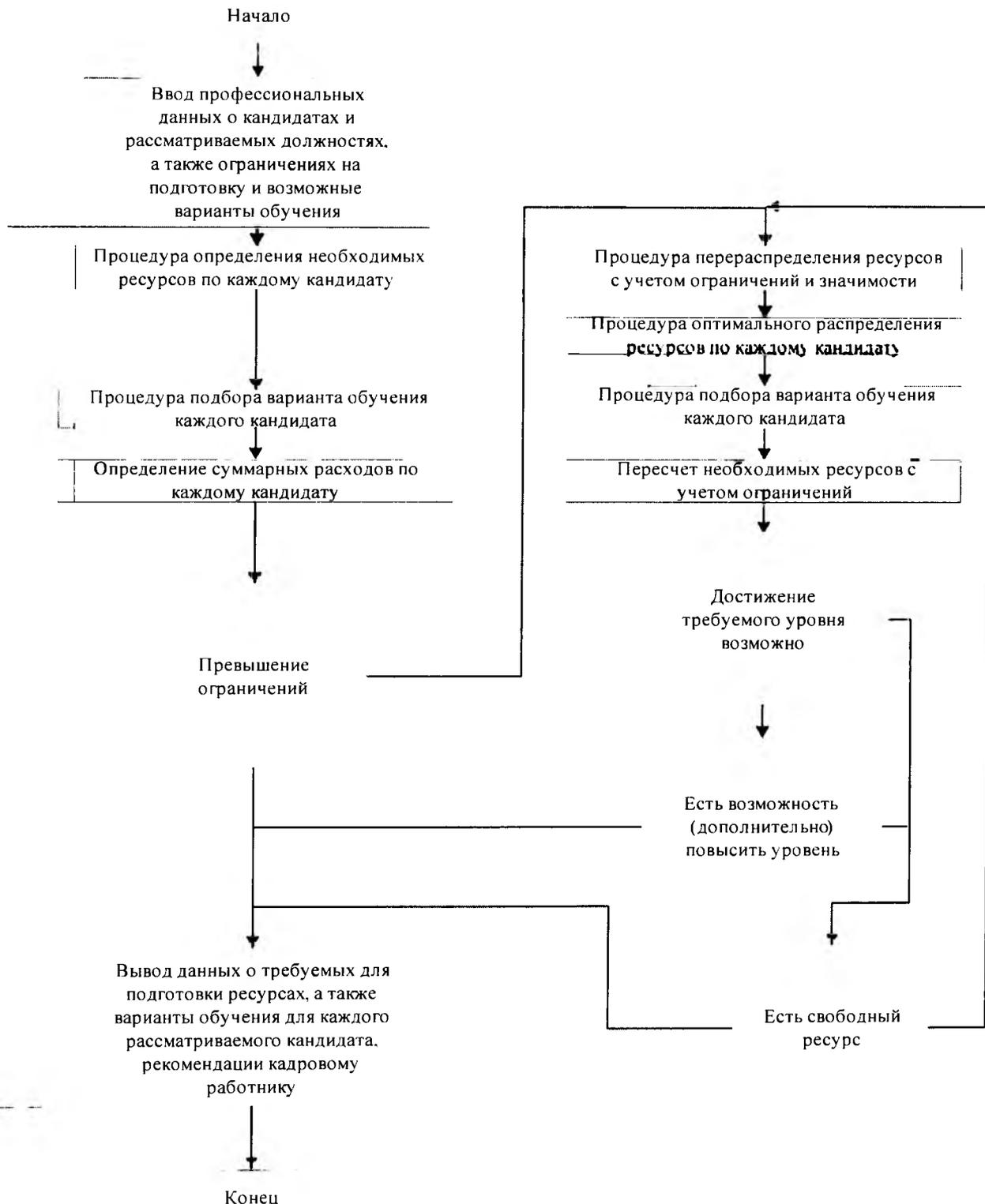


Рис. 2. Алгоритм отбора специалистов и распределения ресурсов на их подготовку

С учетом принятых ограничений: общее ограничение по стоимости подготовки каждого кандидата $C_{\text{пред}} = 50$ ед., а ограничение по времени – $T_{\text{пред}} = 170$ ед.

В результате работы алгоритма были уточнены варианты обучения, а также произведено

распределение времени по каждой из составляющих компетенции. Результаты работы алгоритма представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты работы алгоритма

Пар-р	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кандидат 1										
<i>t</i>	4,29728	3,48635	3,48635	2,50552	3,48635	3,04452	1,69459	3,89182	4,29728	3,89182
<i>C</i>	21,4864	17,4317	17,4317	12,5276	17,4317	15,2226	8,47298	19,4591	21,4864	19,4591
Кандидат 2										
<i>t</i>	4,17592	5,07425	4,17592	5,81063	4,17592	5,07425	5,07425	6,48641	4,17592	5,81063
<i>C</i>	12,5276	15,2226	12,5276	17,4317	12,5276	15,2226	15,2226	19,4591	12,5276	17,4317

Из полученных результатов следует, что для повышения общего уровня компетенции первого кандидата с 60 до 98 ед. за минимальное время (34 ед.) финансовые затраты составят 170 ед., а для второго – с 70 до 98 ед. за минимальное время (50 ед.) – 150 ед.

Таким образом, при имеющихся ограничениях первый кандидат не только достиг необходимого уровня компетенции, но и превысил уровень компетенции второго кандидата. Такой результат можно объяснить следующим образом, первый кандидат при более низком начальном уровне компетенции обладает большей способностью к обучению и усвоению нового материала в отличие от второго кандидата, высокий начальный уровень которого объясняется лишь его более длительной подготовкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе представлен принцип отбора кандидатов на вакантные должности, проведение конкурсов среди кандидатов на одну должность с учетом имеющихся ограничений и ресурсов, а также рационального распределения имеющихся ресурсов при проведении доподготовки или переподготовки.

Предложенный алгоритм позволит повысить качество подготовки специалистов и совершенствовать систему военного образования в целом.

Список используемых источников

1. Багрецов С.А. Методика оценки экономической эффективности обучающих систем. – Л.: ПВУРЭ, 1989.
2. Багрецов С.А., Бондаренко В.А., Обносков В.Б. Квалиметрия групповой деятельности операторов сложных систем управления. – М.: Изд-во «ФИЗМАТЛИТ», 2006.
3. Безносков С.П., Ивануцкий А.Т., Кикоть В.Я. Профессиональная подготовка и ее влияние на деятельность (проблемы профессиональной деформации): учебное пособие – СПб., 1996.
4. Габдреев Р.В. Методология, теория, психологические резервы инженерной подготовки. – М.: Наука, 2001.
5. Поваренков Ю.П. Психологическое содержание профессионального становления человека. – М.: Изд-во УРАО, 2002.
6. Распоряжение правительства Российской Федерации от 22 ноября 2012 года № 2148 «Об утверждении государственной программы «Развитие образования» на 2013–2020 годы».
7. Собчик Л.Н. Введение в психологию индивидуальности. – М.: Институт прикладной психологии, 1998.

А.Н. Быкова,
кандидат педагогических наук

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРАКТИКИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ НА ОСНОВЕ ОБНОВЛЕННОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ

В статье содержится всесторонний анализ развития основных направлений обновленной педагогической стратегии обучения иностранным языкам в высшей военной школе. Отмечается, что владение иностранным языком в современных условиях важно использовать для последующего расширения и пополнения знаний в области избранной специальности, причем уже на этапе вузовского обучения, в соответствии с идеей постоянного самосовершенствования и саморазвития современного профессионала. Подчеркивается, что преподаватель, осуществляющий как практическую деятельность, так и учебно-методическое обеспечение дисциплины, должен четко осознавать, что современные требования ФГОС предлагают не стандартизацию дидактики обучения, а стандартизацию результатов обучения – компетенций и согласование их с общеевропейскими подходами.

Ключевые слова: новая педагогическая стратегия, коммуникативная компетенция, стандартизация результатов обучения

Введение в учебный процесс военно-технических вузов федеральных государственных стандартов третьего поколения, предусматривающих нацеленность обучения в вузах МО РФ прежде всего на профессиональные интересы будущих молодых военных специалистов, требует понимания общей стратегии решения педагогических проблем.

В соответствии с новыми программами изучение иностранного языка предусматривается, как и прежде, в качестве обязательного компонента подготовки военных инженеров, но основной акцент обучения в рамках данной дисциплины смещается в сторону практической направленности в сфере устной и письменной профессиональной коммуникации посредством изучаемого иностранного языка.

Иными словами, владение иностранным языком в современных условиях важно использовать для последующего расширения и пополнения знаний в области избранной специальности, причем уже на этапе вузовского обучения в соответствии с идеей постоянного самосовершенствования и саморазвития современного профессионала, необходимости непрерывного образования, образования в течение всей жизни. Именно поэтому формирование иноязычной профессиональной коммуникативной компетенции становится важным, необходимым компонентом при изучении иностранных языков в неязыковом, в том числе и военном, вузе.

Пропорции триады «знания – умения – навыки» трансформируются в сторону расширения последних двух компонентов, при этом особую актуальность приобретает «деятельностный подход». Не знания об изучаемом иностранном языке, а речевая практика, устная и письменная, требуется современному специалисту, как для качественного исполнения своих должностных обязанностей, так и для опережающего профессионального роста. При этом понятие «компетенция», включенное в мировую образовательную практику, становится на современном этапе центральным, основополагающим понятием, поскольку:

– объединяет как интеллектуальную, так и практическую, т. е. деятельностную составляющую обучения иностранному языку;

– в понятие «компетенция» заложена идеология интерпретации содержательной стороны обучения предмету исходя из профессиональных потребностей обучающихся, в нашем случае будущих военных специалистов;

– ключевая компетенция дисциплины «иностранный язык» обладает интегративной природой, включающей в себя ряд умений и знаний, релевантных относительно широкой сферы культуры, информативной, социальной и военной деятельности.

Преподаватель иностранного языка должен понимать также и сложность, многоуровневость такого понятия, как «коммуникативная компетенция». Оно включает в себя:

– лингвистическую, т. е. языковую компетенцию – знание словарных единиц, грамматических правил, употребления тех или иных языковых образцов и конструкций;

– социолингвистическую компетенцию, т. е. способность выбрать и использовать адекватные языковые формы и средства в зависимости от целей и ситуации общения;

– дискурсивную компетенцию, т. е. способность понимать и прибегать к различным видам коммуникативных высказываний, использовать разные коммуникативные стили: статья, деловое письмо, доклад, при этом выбирать лингвистические средства в зависимости от типа высказывания;

– стратегическую компетенцию, т. е. вербальную стратегию (переспрос, реакция на вопросы разного типа, способы вхождения в акт коммуникации и выхода из него, осуществление той или иной коммуникативной интенции – просьба, согласие, приглашение и т. д.).

Важно отметить, что последняя компетенция легко формируется в процессе проведения занятия на иностранном языке. Приветствие и последующий рапорт со стороны курсантов, краткое изложение цели занятия, перечисление этапов урока, сжатые формулировки сути грамматических тем со стороны преподавателя необходимо уже с первых занятий осуществлять на изучаемом иностранном языке, создавая творческую атмосферу причастности к коммуникативной деятельности в пространстве иноязычной языковой среды.

Кроме того, преподаватель должен понимать и учитывать при проведении практических занятий, а также в научно-методической деятельности, что иностранный язык рассматривается на современном этапе развития образовательного процесса как неотъемлемый компонент профессиональной подготовки будущего специалиста. При этом повышается роль иностранного языка не только как средства профессионального общения, но и как средства достижения социальных ролей. Поэтому возникает потребность в поисках новых подходов в преподавании иностранного языка в вузе с целью подготовки специалиста, профессиональная компетенция которого становится более глубокой благодаря владению иностранным языком.

В неязыковом вузе изучение иностранного языка направлено на получение научной, профессионально значимой информации; на овладение видами речевой деятельности, позволяющей пользоваться этой информацией. Иностранному языку служит средством общения, средством приема и передачи информации об окружающей действительности.

Если традиционно в учебной практике преобладали тренировочные приемы, то современная тенденция заключается в более активном использовании проективных способов обучения на основе развития познавательной потребности, связанной с профессиональными мотивами, так как с помощью иностранного языка, а также и в процессе его изучения курсанты расширяют свои профессиональные знания и кругозор.

Потребность в получении новых знаний по специальности становится мотивом речевой деятельности тогда, когда обучаемые осознают, что иностранный язык есть средство извлечения из иностранной литературы как личностно-значимой, так и профессионально-ценной информации. Практическое использование этой информации при выполнении речевой деятельности вызывает чувство удовлетворения познавательной потребности курсантов и, как следствие, положительно влияет на их отношение к изучению иностранного языка.

Работая с материалами иностранных изданий, курсант овладевает не только иностранным языком, но и приемами работы со специальной литературой, специальной терминологией, системой обозначений и специфическими для профессионального опыта понятиями. Это становится возможным только при тесной интеграции обучения иностранному языку с обучением профилирующим предметам. Интегративные профессиональные знания у курсантов

должны формироваться преподавателем осознанно на протяжении всего периода обучения из различных образовательных областей. Поэтому для достижения основной цели профессионального образования – подготовки компетентного специалиста – необходимо соблюдать определенные условия в организации процесса обучения.

Ведущее место в данном процессе должны занимать базовые знания общеобразовательных и специальных предметов. Профессионально значимые вопросы и темы следует изучать с позиций интеграции разнопредметных знаний. Полученные теоретические знания необходимо применять в условиях профессиональных ситуаций, используя при этом активные методы приобретения новой информации.

Последовательную подготовку в данном направлении следует проводить с первых же занятий языком, на которых курсанты знакомятся с терминологией, близкой к их будущей специальности. Учитывая профессиональную направленность изучения иностранного языка в военно-космической академии, преподаватель кафедры иностранных языков должен обращать внимание курсантов на значимость анализируемых явлений для их будущей специальности.

Наибольший эффект в поддержании интереса курсантов к изучению иностранного языка имеет параллельное изучение отдельных военно-технических проблем, идей и направлений на базе соответствующих текстов на иностранном языке.

Однако многие специальные дисциплины изучаются на старших курсах. Поэтому, читая тексты, содержащие новую, неизвестную информацию по определенным отраслям науки и техники, преподаватели должны сообщать курсантам о важности получаемых сведений для будущей учебной и профессиональной деятельности, что способствует реализации межпредметных связей.

Следует отметить, что эффективность проведения практических занятий зависит от активизации самостоятельной деятельности обучаемых, от правильной взаимосвязи индивидуальной и групповой форм работы. Курсанты должны не только усваивать определенную сумму знаний, но и научиться самостоятельно их приобретать. Эти две стороны образовательного процесса тесно связаны. Познавательная самостоятельность развивается при глубоком и осмысленном усвоении курсантами основ наук, овладении навыками работы с книгой и применении полученных знаний в практической деятельности.

Невозможно в данной ситуации представить работу преподавателя без использования информационных технологий. Именно информационные технологии способны создать условия для самостоятельной работы слушателей посредством выработки у каждого индивидуальной траектории освоения комплекса компетенций. Практика показывает, что информационные технологии способны значительно активизировать процесс репрезентации учебного материала, разнообразить образцы иноязычной речи, расширить примеры вариативности произношения, обогатить визуальный и звуковой видеоряд. Характер использования информационных технологий при обучении иностранным языкам свидетельствует об уровне профессионализма преподавателя, его причастности к современным педагогическим тенденциям и новациям.

Итак, главным условием содержания обучения иностранным языкам в неязыковом военном вузе является военно-профессиональная коммуникационная направленность, тематическая связь с профилирующими предметами. При данном подходе иностранный язык становится одним из средств изучения специальности, формирования и развития профессиональных интересов у курсантов, активизации их познавательной деятельности, готовности обучаемых целенаправленно использовать полученные знания в сфере профессиональной деятельности, что соответствует поставленной цели изучения иностранного языка в неязыковом вузе.

Таким образом, педагогические и методические принципы, выработанные педагогической наукой на протяжении многих столетий, обновленные и обогащенные в соответствии с требованиями времени, являются основой для педагогически грамотной организации учебного

процесса в соответствии с требованиями ГОС по формированию общеевропейских компетенций владения иностранными языками для специалистов неязыковых вузов. Преподаватель, осуществляющий как практическую деятельность, так и учебно-методическое обеспечение дисциплины, должен четко осознавать, что современные требования ФГОС предлагают не стандартизацию дидактики обучения, а стандартизацию результатов обучения – компетенций и согласование их с общеевропейскими подходами.

Список используемых источников

1. *Быкова А.Н.* Internethemen. – СПб., 2001.
2. *Общеевропейские компетенции владения иностранным языком.* – М.: МГЛУ, 2003.
3. *Панфилова А.П.* Деловая коммуникация в профессиональной деятельности. – СПб., 2001.
4. *Boumfit C.J., Jonson K.* The Communicative Approach in Language Teaching. – Oxford Univ. Press, 1994.
5. *Jones J.* Communicative Grammer Practise. – CUP, 1992.

А.А. Гайдук,
кандидат военных наук;
Г.И. Смирнов,
кандидат технических наук;
С.А. Мирошниченко,
кандидат военных наук, доцент

ОБ ИСТОРИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

Изложен результат обработки различных документов, позволяющих проследить путь становления подготовки кадров для средств ракетно-космической обороны.

Ключевые слова: история, подготовка, специалисты, ракетно-космическая оборона.

К началу 60-х годов XX века – времени создания систем и комплексов вооружения и военной техники (ВВТ) предупреждения о ракетном нападении (ПРН), противоракетной обороны (ПРО), контроля космического пространства (ККП) и противокосмической обороны (ПКО) ни одно из военно-учебных заведений СССР не готовило специалистов по их эксплуатации и боевому применению. Широкое развертывание принципиально новых по своему построению комплексов потребовало подготовки в короткие сроки большого количества офицеров для формируемых частей и соединений. При этом основу офицерского состава должны были составлять высококвалифицированные специалисты-системники в области радиоэлектроники и вычислительной техники [2,3].

Подготовка кадров для укомплектования офицерских должностей была организована в следующих формах:

- переподготовка (обучение) офицеров в учебном центре;
- обучение курсантов и слушателей в вузах МО;
- обучение офицеров в процессе монтажных, настроечных и испытательных работ в местах дислокации воинских формирований с помощью представителей оборонно-промышленного комплекса (ОПК), стажировки офицеров на предприятиях-изготовителях комплексов вооружения и в различных научно-исследовательских учреждениях;
- самостоятельное изучение технической документации, практическое участие в разработке и испытаниях отдельных устройств и систем на полигоне и в местах дислокации частей.

Такая подготовка могла быть использована только на начальном этапе создания и развертывания комплексов вооружения. В дальнейшем же нужна была постоянная, хорошо отлаженная система обучения и переподготовки специалистов с учетом перспектив развития ВВТ. К началу 60-х годов готовых специалистов необходимых специальностей для укомплектования воинских формирований не было [3].

Начало работы по подготовке кадров было положено в 1958 году, когда Военный совет войск противовоздушной обороны (ПВО) определил вузы, на которые возлагались задачи подготовки курсантов по специальностям ПРН, ПРО, ККП и ПКО.

В число вузов, которым была поручена подготовка курсантов, вошли Житомирское высшее училище радиоэлектроники ПВО (ЖВУРЭ) и Пушкинское высшее училище радиоэлектроники (ПВУРЭ). Кроме них подготовку специалистов вели по некоторым смежным направлениям и другие вузы без выделения специальностей ПРН, ПРО, ККП и ПКО [3].

На начальном этапе основная сложность заключалась в том, что вузы, которым была поставлена задача подготовки требующихся кадров, не были укомплектованы профессорско-преподавательским составом (ППС) по необходимым направлениям обучения и не в полной

мере представляли, чему необходимо обучать будущих специалистов. Кроме того, в вузах отсутствовала необходимая учебно-материальная база (УМБ). Несмотря на это, вузы с 1961–1962 годов стали переводиться на изучение новой техники зенитно-ракетных войск (ЗРВ), радиотехнических войск (РТВ), истребительной авиации (ИА) и одновременно ПРО и ПКО. Специальные факультеты ПРН, ПРО ККП и ПКО были созданы значительно позже. Такая структура подготовки офицеров не вполне себя оправдала и поэтому в 1967–1969 годах ЖВУРЭ и ПВУРЭ переходят на подготовку только офицеров с высшим военно-специальным образованием для войск ПРО и ПКО.

В сложившейся обстановке 1965–1967 годов, когда вузы только начали переход на изучение новых комплексов вооружения, а в войсках требовалось много офицеров для укомплектования формируемых воинских частей, было принято решение организовать подготовку офицеров, направляемых в воинские части ПРН, ПРО, ККП и ПКО на базе 12-го Учебного центра ПВО (г. Кубинка).

12-й Учебный центр ПВО переведен на новые профили обучения (ПРО и ПКО) с января 1963 года с сохранением подготовки специалистов и для других родов Войск ПВО, а с 1965 года его основной задачей стала доподготовка и повышение квалификации офицерского состава, подготовка сержантов и младших специалистов для ПРН, ПРО ККП и ПКО. В 1972 году на базе Учебного центра формируется школа прапорщиков, которая переводится в подчинение командующего войсками ПРО и ПКО. В дальнейшем, вплоть до 1993 года, в Учебном центре проводятся повышение квалификации и переучивание офицерского состава, подготовка прапорщиков, сержантов и младших специалистов для воинских формирований ПРН, ПРО, ККП и ПКО. Создается новая УМБ, увеличивается ее пропускная способность и номенклатура специальностей. По причине острой нехватки специалистов энергетического и механического оборудования средств войск ПРН, ПРО, ККП и ПКО в 1971 году в Учебном центре была развернута подготовка младших офицеров в форме экстерната под эгидой ЖВУРЭ. Обучаемые отбирались в основном из состава военнослужащих сверхсрочной службы Московского округа ПВО, имеющих определенный командный и технический опыт. Через год 48 выпускников, имеющих средне-техническое образование и воинское звание лейтенант, убыли в войска и достойно продолжили несение службы [1,3].

За время существования Учебного центра в нем прошли обучение несколько тысяч человек, была создана хорошая учебно-материальная база, подготовлен преподавательский состав. Все это позволило подготовить прочный фундамент для формирования на базе Учебного центра сначала филиала ПВУРЭ, а затем (1994) Московского высшего училища радиоэлектроники (МВУРЭ).

Необходимость формирования нового военного училища была обусловлена тем, что в связи с распадом СССР, ЖВУРЭ прекратило подготовку кадров для воинских формирований ПРН, ПРО, ККП и ПКО Российской Федерации.

Летом 1993 года из ПВУРЭ в его филиал были переведены курсанты, окончившие первый курс. Первый выпуск офицеров МВУРЭ состоялся в 1997 году.

В последующие годы училище подчинялось Главкомату ракетных войск стратегического назначения, потом Космических войск, далее – Департаменту военного образования. В итоге оно было преобразовано в филиал ВКА имени А.Ф. Можайского и в 2011 году прекратило свое существование.

Житомирское высшее училище радиоэлектроники ПВО было сформировано в декабре 1919 года. В довоенный период оно базировалось в Москве, Петрограде, Севастополе, а в сентябре 1941 года было эвакуировано в Уфу.

В боях с немецко-фашистскими захватчиками выпускники и личный состав училища проявили отвагу и героизм, мужественно защищая от врага небо своей Родиной. Многие из них награждены орденами и медалями, а офицеры Бедин И.П., Горбенко И.Т., Егоров И.К., Мерешко Л.С., Воробьев М.А., Пьянзин И.С. удостоены звания Героя Советского Союза. Гордостью училища являются его выпускники – командир Краснодарской подпольной органи-

зации «Молодая гвардия» И.В. Туркенич, которому благодаря ходатайствам активистов училищной группы «Поиск» 5 мая 1990 года было посмертно присвоено звание Героя Советского Союза; лауреат Государственной премии СССР в области разработки новых видов военной техники и вооружения В.И. Редько; лауреат Государственной премии СССР, премии Джавахарлала Неру поэт С.В. Винокуров; лауреат Ленинской премии писатель С.С. Смирнов; лауреат Государственной премии им. Горького поэт С.В. Викулов.

Много воспитанников училища стали известными военными деятелями. Среди них генералы армии Штеменко С.М., Пеньковский В.О.; генерал-полковники Запыхин Г.С., Орел Г.М., Герасимов А.В., Окуней В.В., Чукарин М.И., Шпаков М.П.; генерал-лейтенанты Баришполец И.С., Марганидзе Л.Г., Андрущенко П.Г., Честных П.Ф. и много других. В 1944 году за выдающиеся успехи в подготовке офицерских кадров училище было награждено орденом Красного Знамени.

В 1946 году училище переводится в город Житомир. В связи с новым направлением в подготовке кадров с 3 февраля 1968 года приказом Министра обороны оно было переименовано в Житомирское высшее ракетное командное Краснознаменное училище ПВО. В том же году училище снова поменяло профиль подготовки кадров и получило название Житомирского высшего зенитно-ракетного командного Краснознаменного училища ПВО.

В мае 1973 года училище переименовывается в Житомирское высшее командное училище радиоэлектроники ПВО имени Ленинского комсомола. С 1992 года в училище готовятся офицерские кадры для вооруженных сил Украины. В 1999 году ему присвоено имя выдающегося ученого, академика Академии наук СССР дважды Героя Социалистического Труда Сергея Павловича Королёва.

Училище оснащено современной учебно-материальной базой, лаборатории и классы оборудованы радиоэлектронной техникой, электроизмерительными приборами, техническими средствами обучения. Обучение и воспитание курсантов ведет опытный коллектив командиров, воспитателей и преподавателей. Библиотека училища обеспечена достаточным количеством научно-технической и художественной литературы. В распоряжении будущих офицеров находится хорошо оборудованный спортивный комплекс с плавательным бассейном, спортивные площадки для проведения соревнований по игровым видам спорта.

Училище расположено в городе Житомире, который имеет 1118-летнюю историю. Здесь родился и вырос создатель космических кораблей С.П. Королёв. В разное время здесь жили и работали выдающиеся писатели В. Короленко, М. Коцюбинский, О. Куприн, поэтесса Л. Украинка, пианист С. Рихтер.

Подготовку специалистов для формирований войск ПРО и ПКО ЖВУРЭ вело с 1968 года. Причем, когда возникла необходимость укомплектовывать формируемые воинские части офицерским составом, в апреле 1967 года был проведен досрочный выпуск курсантов. Более 360 молодых лейтенантов были направлены в воинские формирования ПРО и ПКО.

В связи с развертыванием комплексов ПРН с 1971 года училище стало готовить специалистов по системе ПРН. В 1977 году в училище создаются факультеты: два командных с четырехлетним сроком обучения и один инженерный с пятилетним сроком обучения. Опыт войск показал, что такое разделение на командный и инженерный профили нерационально и в последующем училище, как и другие вузы, перешло на пятилетний срок обучения, обеспечивая подготовку офицеров-системников с высшим военно-специальным образованием [3].

Училище продолжало подготовку офицеров с высшим военно-специальным образованием для ВС РФ официально до 1992 года. Последние выпускники данного училища прибывали в воинские формирования ПРН, ПРО, ККП и ПКО до 1995 года.

Пушкинское высшее училище радиоэлектроники ПВО было сформировано в 1941 году и готовило специалистов для войск ПВО страны (по специальностям ЗРВ).

Пушкинское высшее ордена Красной Звезды училище радиоэлектроники ПВО имени маршала авиации Е.Я. Савицкого было расположено в одном из самых ценных в историко-

архитектурном отношении войсковых ансамблей Царского Села – казармах лейб-гвардии 3-го Стрелкового Его Императорского Величества полка.

История возникновения самого полка восходит еще ко времени Императора Павла I, когда 29 июня 1799 года он учредил трехротный Лейб-гвардии Гарнизонный батальон, который много раз переформировывался и менял свое подчинение.

Военный городок № 6 был построен между Огородной, Саперной улицами и Кадетским бульваром за короткий срок, в 1914–1915 годах.

В советское время военное училище воздушного наблюдения, оповещения и связи Красной Армии было сформировано в Ленинграде приказом Народного комиссара обороны СССР от 17 мая 1941 года для подготовки военных специалистов частей воздушного наблюдения, оповещения и связи (ВНОС). Основой для его формирования явился батальон ВНОС Ленинградского училища связи Красной Армии. Первым начальником училища стал полковник Вагнер Г.А. К концу июля 1941 года формирование училища было закончено, а 1 августа начался учебный год. Однако из-за сложной обстановки на Ленинградском фронте и усиливающейся с каждым днем опасности к 23 августа 1941 года училище было перебазировано в город Бирск Башкирской АССР. Первый выпуск командиров взводов ВНОС состоялся 27 декабря 1941 года.

За годы Великой Отечественной войны училищем было сделано 29 выпусков и подготовлено для фронта 1863 офицера. Его выпускники храбро сражались на фронте. Училище по праву гордится своими воспитанниками, которые, не жалея своих сил и жизни, боролись за победу над фашизмом. Они обеспечивали своевременное обнаружение и уничтожение активными средствами противовоздушной обороны самолетов противника. Их подвиги отмечены высокими правительственными наградами.

В августе 1945 года училище полностью переехало в г. Пушкин, разместилось в 6-м военном городке и перешло на обучение курсантов по учебным программам мирного времени.

За большие заслуги в деле подготовки офицерских кадров постановлением Президиума Верховного Совета СССР № 23 от 22 февраля 1968 года училище награждено орденом Красной Звезды.

В 1969 году училище было преобразовано в высшее, а с 1977 года в Пушкинском высшем училище радиоэлектроники ПВО началась подготовка офицеров с высшим военно-специальным образованием по специальностям инженерного профиля для войск ракетно-космической обороны (РКО).

19 января 1991 года училищу было присвоено имя прославленного летчика дважды Героя Советского Союза маршала авиации Савицкого Е.Я.

29 августа 1998 года Пушкинское высшее ордена Красной Звезды училище радиоэлектроники ПВО было преобразовано в филиал Военного инженерно-космического университета.

За время существования вуза было подготовлено свыше двадцати трех тысяч офицеров. Многие его выпускники стали крупными военачальниками. Более 60-ти человек удостоены генеральских званий. Среди выпускников Герой Советского Союза полковник Кутынцев Н.М., два Героя Социалистического Труда: генерал-полковник Юрасов Е.С., генерал-лейтенант Кисунько Г.В., более ста человек лауреаты государственных премий. В оркестре вуза проходил службу народный артист СССР Герой Социалистического Труда композитор Георгий Свиридов [2].

ПВУРЭ раньше других вузов перешло на подготовку специалистов для ПРО и ПКО. В 1964 году училище делает первый набор курсантов для обучения их по профилю «А» (специальности ПРО и ПКО) с одновременным сохранением обучения по профилю «К» (специальности ЗРВ). Обучение курсантов осуществлялось по двум профилям с углубленным изучением основ вычислительной техники. Выпуск офицеров в 1967 году со средним специальным образованием по профилю «А» был проведен досрочно, как и в ЖВУРЭ. Более 240 молодых лейтенантов было направлено на укомплектование воинских частей ПРО.

В 2008 году училище стало Военным институтом систем и средств обеспечения войск

(ВИ СиСОВ) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского и в 2011 году прекратило свое существование.

8-й факультет ВКА имени А.Ф. Можайского формировался на территории бывшего училища и там же провел свой первый выпуск молодых лейтенантов.

Таким образом, военные вузы на самых ранних этапах создания систем ПРН, ПРО, ККП и ПКО обеспечили укомплектование развертываемых воинских формирований военными кадрами. Освоение новой техники осуществлялось в тесной связи учебных заведений с войсками и предприятиями оборонно-промышленного комплекса. Профессорско-преподавательский и инженерно-технический состав упомянутых вузов первые годы обучался одновременно со слушателями, не считаясь со временем. Разрабатывались и издавались первые учебники и учебные пособия. Некоторые из них используются в ВКА имени А.Ф. Можайского и в настоящее время.

Выпускникам 1967–1970 годов выпала большая честь стать основой новых в ВС СССР воинских формирований, обеспечить прием, настройку, испытания, освоение принимаемых на вооружение комплексов, способов их боевого применения.

В целом сложившаяся к 80–90-м годам прошлого столетия система подготовки военных специалистов ПРН, ПРО, ККП и ПКО зарекомендовала себя надежной, качественной и устойчивой, несмотря на уменьшение сроков обучения и количества обучаемых, повышение требований к уровню подготовки военных кадров.

Факультет средств ракетно-космической обороны Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского был образован на базе Военного института (систем и средств обеспечения войск) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского в августе 2011 года в составе четырех кафедр:

- 81-я кафедра средств предупреждения о ракетном нападении;
- 82-я кафедра средств противоракетной обороны;
- 83-я кафедра средств контроля космического пространства;
- 84-я кафедра тактики частей и подразделений РКО.

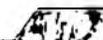
Начальником факультета был назначен кандидат технических наук полковник Чистяков Сергей Владимирович.

Коллективы кафедр сформировали и возглавили: кандидат технических наук полковник Смирнов Геннадий Иванович (кафедра средств предупреждения о ракетном нападении), кандидат технических наук, доцент полковник Васильев Павел Валерьевич (кафедра средств противоракетной обороны), кандидат технических наук, доцент полковник Рогов Дмитрий Александрович (кафедра средств контроля космического пространства), кандидат военных наук, доцент полковник Мирошниченко Сергей Александрович (кафедра тактики частей и подразделений РКО).

Основу профессорско-преподавательского состава кафедр факультета составили опытные преподаватели и научные сотрудники Военной академии воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Жукова Г.К., Военного института (систем и средств обеспечения войск) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, филиала Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (Кубинка-2) и филиала ВУНЦ ВВС ВВА имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина.

Под руководством полковника Чистякова С.В. была разработана концепция факультета, которая реализуется в научной и методической работе. В успешной реализации данной концепции существенную роль сыграл опыт, накопленный профессорско-преподавательским составом в процессе обучения слушателей и курсантов для соединений и частей ракетно-космической обороны в стенах перечисленных выше учебных заведений.

С 1 сентября 2011 года на кафедрах продолжили свое обучение курсанты Военного института (СиСОВ) и филиала Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского в качестве обучающихся 8-го и 9-го факультета по военным специальностям: «Применение и эксплуатация средств предупреждения о ракетном нападении», «Применение и эксплуатация средств



противоракетной обороны», «Применение и эксплуатация средств противокосмической обороны и контроля космического пространства», «Применение и эксплуатация вычислительных комплексов ракетно-космической обороны» и «Программно-алгоритмическое обеспечение автоматизированных систем управления ракетно-космической обороны».

Первый выпуск офицеров факультета состоялся в июне 2012 года.

В настоящее время факультет средств ракетно-космической обороны является одним из учебно-научных подразделений Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. В его основные задачи входят:

- осуществление базовой подготовки обучающихся для практической работы на первичных офицерских должностях;
- проведение исследований по основным направлениям боевого применения сил и средств предупреждения о ракетном нападении, противоракетной обороны, противокосмической обороны и контроля космического пространства.

Организация учебной деятельности на факультете строится на основе требований Государственного стандарта высшего профессионального образования, в учебных планах и программах учтен опыт повседневной жизнедеятельности войск, используется информация об организации образовательной деятельности в других высших учебных заведениях.

Список используемых источников

1. *Красковский В.М.* История создания вооружения, систем и войск РКО. – Кубинка: МВИРЭ КВ, 2007. – 123 с.
2. *Подгорных Ю.Д., Сиротинин Е.С.* О некоторых аспектах боевого применения сил и средств предупреждения о ракетном нападении. – Тверь: ВА ВКО, 2011. – 209 с.
3. 40 лет на контроле космоса: юбилейный сборник. – М.: ОАО НПК НИИДАР, 2008. – 684 с.

О.В. Гуторович,
кандидат философских наук;
В.В. Конорев,
кандидат исторических наук, доцент

ГУМАНИТАРИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ВЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ (ФИЛОСОФСКИЙ АСПЕКТ)

Статья посвящена проблемам реформирования системы образования. В ней отслеживается тенденция последних лет, в рамках которой образование рассматривается с сугубо утилитарной стороны, следствием чего является отчуждение человека от высокого смысла своей деятельности. Обращается внимание на особую роль гуманитарного образования, выполняющего роль хранителя моральных истин.

Ключевые слова: реформирование, гуманитарное образование, духовное развитие, нравственность, культура.

Особую роль в развитии человеческого общества играет система образования, именно она решает вопросы преемственности и обогащения духовных ценностей человечества – центральную проблему современности.

Образование во всех своих исторических формах несет в себе мощный потенциал развития общества и адекватного ему государства, потенциал их жизнестойкости и жизнеспособности. И то, как живет общество – процветает или переживает затяжной кризис – зависит от системы образования, которая готовит поколения людей, вступающих во взрослую жизнь, от того, насколько получаемое в ней образование соответствует эпохе и обозримым перспективам жизни общества и его развития.

По содержанию и своей структуре образование – самый стабильный и даже консервативный сектор непрерывно изменяющейся действительности. Именно благодаря этому оно способно выступать катализатором всех прогрессивных сдвигов в обществе, ибо нигде, кроме как в школе и в вузе, не сконцентрировано так много знаний об историческом опыте человека.

Размышляя о роли системы образования в жизни общества, следует обратить внимание на исследование В.И. Слободчикова [7], с точки зрения которого образование не есть нечто «одномерное и качественно специфически определенное». Во-первых, образование – это самостоятельная форма общественной практики, особая социальная инфраструктура, пронизывающая другие социальные сферы.

Такой подход к образованию определяет его место *в пространстве социума*, показывая, что социально ориентированное образование, с одной стороны, обеспечивает целостность общественного организма, а с другой – является мощным ресурсом его исторического развития.

Во-вторых, образование – это универсальный способ трансляции культурно-исторического опыта, дар одного поколения другому. По сути, это общий механизм социального наследования, который заключается в передаче и сохранении норм и ценностей общей жизни во времени, в связывании воедино некоторого сообщества людей и способа их жизни. Данная интерпретация вписывает образование *в пространство культуры*.

И, наконец, в-третьих, образование – это всеобщая культурно-историческая форма становления и развития сущностных сил человека, обретения им образа человеческого во времени истории и в пространстве культуры, формирования потребности и способности к самообразованию и к саморазвитию. Это своего рода антропологическая миссия образования.

Во всех интерпретациях просматривается главный смысл образования на любом этапе исторического развития человечества. Этот смысл – *развитие*.

Но как ни парадоксально, образование, будучи по своей сущности непосредственно обращено к человеку, к культуре в ее высоком гуманистическом смысле, в XX веке стало все более отчуждаться от человека и фундаментальных нравственных ценностей, выполняя антигуманистические функции. Невиданное ускорение научно-технического прогресса, непрерывный каскад открытий, изобретений, фантастически увеличивших силы человечества, породили гипертрофированное представление об абсолютном приоритете естественнонаучных и технических достижений перед гуманитарными, превосходство логического познания перед эмоционально-чувственным, вещественного богатства – над духовным. Образование стало рассматриваться с сугубо утилитарной стороны – как средство приобретения знаний, навыков, умений, необходимых для освоения определенных технологий и техники, для выполнения узкопрофессиональных функций.

Однако отчуждение человека от высокого смысла своей деятельности приводит к появлению весьма примитивного типа людей, которые всегда жаждут только одного: наибольшей выгоды и удовольствий для себя лично, причем любыми средствами. В результате они как личности, говоря словами Ф.М. Достоевского, превращаются в «несуществующих людей».

О том, что хранителем моральных истин служит гуманитарное образование, писал еще в середине XIX века А. Ламартин. Его мысль: «Если человек утратит хотя бы одну из моральных истин, погибнут и человек, и все человечество» и сегодня звучит более чем актуально. Уже нельзя игнорировать тот факт, что низкий культурный уровень широких масс населения угрожает социально-политической стабильности общества. Реальность же такова, что сегодня гуманитарное знание находится на низком уровне. Оно во многом лишено своей основной функции — научно осмыслять социальный опыт человечества, страны, общества, личности.

Рассуждая о значении гуманитарной культуры, следует заметить, что именно этот пласт культурной системы обеспечивает передачу духовных ценностей от одного поколения к другому, фиксирует и сохраняет язык нации, картину мира, свойственную тому или иному культурному сообществу, выполняет функцию национального самосознания и культурной самоидентификации поколений, задает жизненные ценности и идеалы, способствует общественному согласию и консолидации человеческих сообществ.

Гуманитарная культура содержит в себе ценности и нормы, составляющие духовное ядро общества и являющиеся своеобразными «линиями притяжения», нарушение которых неизбежно ведет к дезинтеграции общественного организма. И такая ситуация для разрушения государственной целостности значительно опаснее, чем внешняя экспансия.

Однако в настоящее время политика государства в сфере образования свидетельствует о том, что власть не понимает подлинной роли гуманитарного образования, не осознает, что без человека, его образованности, интеллекта, нравственности экономическое благополучие общества невозможно. Именно характер гуманитарного образования и деятельность «гуманитариев» оказывают решающее (по отношению к будущему) воздействие на все области жизни общества, и если гуманитарные науки становятся не востребованными государством, то проблемы общества лишь усугубляются.

Снобистское отношение к гуманитарному, как к чему-то второстепенному и практически бесполезному, встречается нередко. Философия подобной точки зрения проста. В качестве основного довода приводится утверждение, что естественные науки, их изучение и развитие способствуют увеличению материального богатства, что качественно улучшает повседневную жизнь человека. Что же касается истории, философии, социологии и прочих гуманитарных дисциплин, они рассматриваются как словесная эквилибристика, в рамках которой можно доказать все, что угодно. Как следствие, и знание делится на полезное, серьезное и бесполезное, несерьезное (т. е. гуманитарное).

Вряд ли данную точку зрения можно считать достаточно объективной. Самонадеянная уверенность в том, что естественные науки могут дать ответы на все жизненные вопросы и решить все проблемы, ошибочна.

Более того, в условиях научно-технической и информационной революции возрастает объективная необходимость все более тесной интеграции, соединения естественных и гуманитарных наук. Жесткое же размежевание и слабая взаимосвязь между этими областями знания неизбежно порождает духовный кризис.

Нельзя не согласиться с Э. Махом, утверждавшим, что «разграничение фактов... никогда не бывает возможным без некоторой доли произвола и насильственности» [4]. Специалист-исследователь в конце концов тоже приходит к мысли, что «для успешного ориентирования в его собственной области он должен принять в соображение результаты, к которым пришли в своих областях все остальные специалисты» [5].

На отрицательные последствия предпочтения естественных или гуманитарных наук, а также узкоспециализированного образования, обратил внимание и К. Ясперс: «Распространилась специализация; необходимое для этого знание может быть достигнуто усвоением методов и сведено к простейшей форме в своих результатах. В хаосе повсюду разбросаны оазисы, где люди, обладая профессиональным знанием, к чему-либо способны. Но это знание разбросано; отдельный человек может выполнять лишь отдельные функции, и это его умение часто подобно ограниченной сфере, которой он обладает» [12].

К сожалению, маниакальное реформаторство в системе образования, с которым общество столкнулось в последние десятилетия, не учитывает подобных рассуждений. Будучи в плену «насуточных радикальных реформ», общество стремительно движется к декадансу. В свое время Ф. Ницше [6] перечислил характерные признаки декаданса: порочность, болезненность, преступность, истерия, ослабление воли, алкоголизм, пессимизм, распутство (также и духовное), клевета, сомнение во всем. Это признаки кризиса культуры, глубинным истоком которого является потеря внутренней самодетерминации общества, утрата значимости идеалов и принципов, играющих роль духовных оснований общества.

Подобная ситуация уже имела место в истории России. В 20-е годы XX века вследствие большевистских «реформ» в русские школы хлынули потоком разрушительные нововведения: история была объявлена буржуазной наукой, к литературе жестко применялся классовый подход, марксистско-ленинское учение было объявлено единственно верным и определяющим путь к последней истине. Традиции прошлой культуры либо отвергались вовсе, либо воспринимались избирательно.

«Все это, – отмечает В. Троицкий, – привело к духовному голоданию: массовая западная, криминальная и босяцкая антикультура разливалась по стране. Нравственность катастрофически падала. Необходимо было остановить грозящую культурную катастрофу. Политическое решение (исходящее от В.И. Ленина) было спасительным: культуру – в массы: «Коммунистом можно стать лишь тогда, когда обогатишь свою память знанием всех тех богатств, которые выработало человечество». К сожалению, этот лозунг не изменил (да и не мог изменить) заведомо тенденциозного отношения к культуре прошлого. Однако началось переиздание огромными тиражами русской классики. Она несла спасительные традиции, и духовная жизнь получила реальный источник, частично и временно поддерживая то, что ранее питалось верой и глубоким религиозным мироотношением» [9].

Великая необходимость повернуться государству и обществу всеми своими ресурсами, всеми своими силами к человеку, к добру и созиданию ощущается и в настоящее время. Культура не может лишь потребляться, она становится значимой только приращением и обогащением. Без усиления гуманитарного образования прорваться из зоны беспредела к рубежам культурного возрождения невозможно. Без духовного очищения и преображения, предупреждал еще полвека назад И. Ильин, Россию «не возродить и величие ее не воссоздать. Без этого русское государство, после неминуемого падения большевизма, расплзется в хлябь и в грязь» [1]. Поэтому любая реформа в системе образования в настоящее время должна совмещаться с выделением и укреплением лучших национальных традиций в этой сфере. Смыслом и результатом образования должно стать становление целостного человека, его гармоничное духовное развитие, формирование национального самосознания. Содержа-

ние образования и воспитания в сегодняшних условиях должно определяться диалогом: исторического прошлого, современной реальности и желаемого будущего; рационального и эмоционального, ума и души; гуманитарного и естественнонаучного знания.

В терапии болезней общества особую надежду следует возложить прежде всего на гуманитарное образование. Игнорирование же духовных оснований национальной культуры, прививаемых в рамках преподавания гуманитарных дисциплин, ведет к духовному кризису, опасность которого просматривается в его невидимости и отсроченности последствий. Следует вспомнить, что образование – это зона стратегического значения, а его роль и место в любую историческую эпоху исключительны и уникальны. Гуманитарное же образование – это сфера, гарантирующая национальную и духовную самобытность любого народа, его культуру, святыни, без которых нет и не может быть ни свободной личности, ни свободного народа, ни безопасности страны. Можно вспомнить знаменитое высказывание Л. Толстого: «Просвещение, не основанное на нравственной жизни, не было и никогда не будет просвещением, а будет всегда затемнением и развращением».

О необходимости в России широкого и полноценного просвещения говорил и выдающийся ученый-энциклопедист XX века А.Л. Чижевский: «Надо учить народ! Но и этого мало: следует воспитывать его! ... Если первое достигается наукой – от азбуки до высшего математического анализа, второе – исключительно искусством. ... Когда же народ очистится влиянием культуры, к нему не пристанут никакие разрушающие идеи темных своекорыстных сил. Действительно, отрешенность народа от истинного искусства ведет к закреплению его в темных рамках пошлой, будничной жизни, и только плоды высших достижений в состоянии вывести народ... на свет и научить сознанию человеческой обязанности, пробуждая в душе его чистые, нравственные инстинкты» [10]. Отчетливо и решительно очертил задачу, стоящую перед Россией, В.И. Вернадский: «Есть единственная возможность сделать культуру прочною – это возвысить массы, сделать для них культуру необходимостью...» [8].

Стандарты же современного образования, которые можно рассматривать как порождение исключительно «знаниевой» парадигмы, ориентирующей и учащего, и учащегося на минимум знаний, способствуют снижению содержательного уровня образования и, как следствие, понижению интеллекта народа, массовому оглуплению. Л. Витгенштейн в своем «Логико-философском трактате» писал, что «границы моего языка означают границы моего мира» [3], в нашем контексте это будет означать, что «границы нашего мира суть границы поля смыслов нашего сознания» сознательно сужаются.

Нельзя не согласиться с К.Г. Юнгом, который в труде «Душа и миф: шесть архетипов» писал: «Богатство сознания состоит в ментальной восприимчивости, а не в накоплении приобретений. Все, что приходит к нам извне, и даже все, что берет начало внутри, может стать нашим собственным только тогда, когда мы одарены внутренней полнотой, адекватной поступающему содержанию» [11]. Проводимые же реформы в системе образования обнаруживают непонимание того абсолютного факта, проверенного всей нашей историей и культурой, что смысл, мера и цель образования – нравственность, духовность человека и общества.

В настоящее время становится очевидным, что России предстоит долгий и тернистый путь к возрождению и восстановлению своей истинной культурной сущности, утраченной в результате необдуманных реформ в сфере образования. Образование – это дистанция марафонская, делать здесь злободневные политические рывки и развороты крайне опасно. Оно консервативно по своей сути и именно оно закладывает в любой области коренные основополагающие знания, на которые можно опираться в постижении нового. История образования подтверждает: наибольшего успеха эта сфера достигала в периоды стабильного существования общества, когда она опиралась на предшествующие плодотворные культурные традиции.

Особого осмысления требуют отношения, возникающие между гуманитарным знанием и военным делом. На наш взгляд, преобладающий сегодня подход к гуманитарной составляющей военного образования, предусматривающий ее значительное уменьшение в угоду значи-

ям прикладного и специального характера, является не просто ошибочным, а крайне вредным и опасным для военного дела. Право уверенно утверждать это дают многие основания.

Во-первых, военнослужащий – это человек, который должен убивать других людей по приказу государства, во имя государства, делать это максимально эффективно, используя специально разработанные технологии, и готовый умереть, выполняя поставленные перед ним задачи. Но общество, вверяя в руки военных оружие, в том числе и массового уничтожения, должно быть уверено не только в том, что оно будет применено профессионально и максимально эффективно, но и в целесообразности применения, обоснованности принесенной жертвы. Во всяком случае испокон веков отечественная военно-философская мысль исходила из того, что воин – это не механизм для убийства, а гражданин – патриот своей Родины, живущий одной жизнью со своим народом и ради народа.

Во-вторых, современный бой и военные действия в нем протекают в крайне сложных условиях: непосредственная постоянная угроза жизни, обусловленная возможностью применения противником оружия массового уничтожения и высокоточного оружия, защититься от которого, в отличие от стрелкового, сложнее; постоянный груз психологической ответственности за возможную ошибку в бою, которая может стоить сотен и тысяч жизней людей (например, за пультом пуска ракет РКО, ВКО, ПРО, и тем более стратегических); исключительный динамизм обстановки и др.

В таких условиях на первое место в подготовке воина выходит формирование его морального духа, создание системы высших ценностей. Результатом духовного поиска воина является формирование у него принципов, которые становятся незыблемым стержнем его поведения и во имя которых он готов пожертвовать многим, и даже жизнью. Вера в свои силы, возможности, правоту дела, которому воин служит, позволяет ему творить на поле боя подлинные чудеса. Подтверждением тому могут быть многочисленные примеры из истории войн и военного искусства, начиная от подвига спартанцев и заканчивая массовым героизмом красноармейцев в Великой Отечественной войне. Недаром многие теоретики и практики военного дела зависимость хода и исхода войны от состояния духа противоборствующих сторон рассматривали как один из объективных законов войны. Поэтому целенаправленная работа над психикой, сознанием военных людей (особенно профессионалов) и воинских коллективов, сохранение психического здоровья военнослужащих, формирование у них высоких морально-нравственных качеств и укрепление морального духа являются составляющими одного из главных направлений деятельности командиров и начальников, а следовательно, и всей системы военного обучения. Методологической основой здесь должны выступать гуманитарные науки, для усвоения которых требуется значительно больший объем времени, чем сейчас. Игнорирование такого подхода обязательно скажется отрицательно на мировоззренческой и духовной составляющей военного дела. Великий русский философ И.А. Ильин еще в первой половине прошлого столетия, имея в багаже философское осмысление двух мировых войн XX века, подчеркивал: «Военное воспитание, оторванное от чувства духовного достоинства, есть воспитание к систематическому и беспринципному убийству, но это уже не воспитание души, а ее нравственное умерщвление и духовное извращение. Именно поэтому военная подготовка нелепа и губительна вне духовного воспитания человека... Воин вне духовного самоутверждения есть реальная опасность для своей Родины и своего государства» [2]. Многочисленные кровавые события по всему миру, и в первую очередь в исламских государствах, являются подтверждением этому.

В-третьих, (особенно важно для офицеров) деятельность военного специалиста, офицера сложна и многообразна. Но прежде всего он – военный руководитель (управленец) и педагог (руководитель, организатор и непосредственный участник процесса обучения и воспитания подчиненных). Поэтому очень важно насколько глубоко и качественно офицер в процессе профессиональной подготовки овладел гуманитарными знаниями, начиная от философских и заканчивая прикладными психолого-педагогическими.

Обобщая все вышесказанное, авторы предпринимают попытку сформулировать некоторые общие рекомендации:

1. Назрела необходимость всемерного укрепления союза гуманитарных и военно-специальных знаний, и прежде всего союза философии и военной науки.

2. Наступило время серьезных инвестиций в интеллект, методологическую культуру военных профессионалов, так как неизмеримо возрастает цена ошибок на всех уровнях военного управления и цена ответственности за принимаемые решения. Будущее за офицерами, умеющими делать правильный выбор и готовыми взять на себя ответственность за его последствия.

3. Не на словах, а на деле требуется реализовать принцип гуманитаризации военного образования и остановить «вымывание» гуманитарной составляющей из высшего военного образования.

4. Необходимы единые учебники для преподавания гуманитарных дисциплин в военно-учебных заведениях страны.

5. В ближайшее время следует восстановить систему подготовки специалистов, педагогов-гуманитариев для преподавания в высшей военной школе по типу бывшего военно-педагогического факультета Военного университета.

6. Необходимо стимулировать работу военных вузов, адъюнктур, а также аспирантур гражданских вузов по подготовке научно-педагогических кадров гуманитарных специальностей для военно-учебных заведений страны.

Список используемых источников

1. *Ильин И.* О грядущей России: избранные статьи. – М., 1993. – С. 219, 203.
2. *Ильин И.А.* О сущности правосознания. – М., 1993. – С. 35.
3. *Козлова М.С.* Философские идеи Людвига Витгенштейна. – М., 1996. – С. 45.
4. *Мах Э.* Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – С. 11.
5. *Мах Э.* Там же.
6. *Ницше Ф.* Воля к власти. Опыт переоценки всех ценностей. – М., 1995. – С. 45.
7. *Слободчиков В.И.* Антропологическая перспектива современного образования. – Москва–Екатеринбург, 2009.
8. Страницы автобиографии В.И. Вернадского. – М., 1981. – С.133.
9. *Троицкий В.* Просвещение и мракобесие. «Реформы образования»: прошлое и настоящее // Русский вестник. – 2004. – 23 сентября.
10. *Чижевский А.Л.* Поэзия. – М., 1996. – С. 331–332.
11. *Юнг К.Г.* Душа и миф: шесть архетипов. О возрождении. – Киев–Москва, 1997. – С. 56.
12. *Ясперс К.* Духовная ситуация времени. – М., 1994. – С. 360–361.

А.П. Доронин,
доктор технических наук, доцент

КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЗАУРУСА

Рассматриваются концептуально-методологические основы построения тезауруса. На примерах неправильного употребления многими авторами ряда понятий и терминов убедительно показана необходимость обоснования научного подхода к разработке отраслевых словарей. Предлагаемые в работе концептуально-методологические основы построения тезауруса применимы к любым научным проблемам и областям. Предложенный в работе подход к построению тезаурусов (отраслевых словарей) может обеспечить повышение качества проведения научных исследований в различных областях науки и техники.

Ключевые слова: тезаурус, термин, понятие, определение, словарь, гидрометеорологическое обеспечение, геофизическое обеспечение, обеспечение экологической безопасности.

Поскольку основу любой научной теории (дисциплины) составляет ее язык – система основных однозначно понимаемых понятий и методы логического оперирования этими понятиями с целью построения адекватных моделей исследуемых явлений, то естественно, что любое научное исследование должно начинаться с разработки тематического (отраслевого) словаря – тезауруса [9].

Важность и актуальность разработки тезаурусов (отраслевых словарей) можно наглядно продемонстрировать на следующем примере. Рассмотрим два выражения: ледяные кристаллы и кристаллы льда.

Для того чтобы понять истинное, правильное название приведенных выражений, необходимо обратиться к исходным терминам: ледяной, кристалл, лед.

Ледяной [7, с. 274]. 1. см. лед. 2. Покрытый льдом.

Лед [7, с. 274]. 1. Замерзшая и затвердевшая вода.

Кристалл [11, с. 320] (гр. *krystallos*). Тело (твердое или жидкое), частицы которого (атомы, ионы или молекулы) расположены в определенном, периодически повторяющемся порядке, образуя пространственную кристаллическую решетку.

Анализируя вышеназванные термины, можно заключить, что ледяные кристаллы – это кристаллы различных веществ (твердых или жидких), покрытые льдом, образованные в результате замерзания на них каплей воды или сублимации паров воды. Лед, покрывающий кристаллы веществ, в свою очередь, также представляет собой кристалл. Следовательно, ледяные кристаллы – это кристаллы в кристаллах, т. е. ледяные кристаллы – это двойные кристаллы.

Кристаллы льда – кристаллы, представляющие собой замерзшие капли воды или сублимированные пары воды, т. е. кристаллы льда представляют собой одиночные кристаллы.

Схематично различие в выражениях «кристаллы льда» и «ледяные кристаллы» показано на рис. 1.

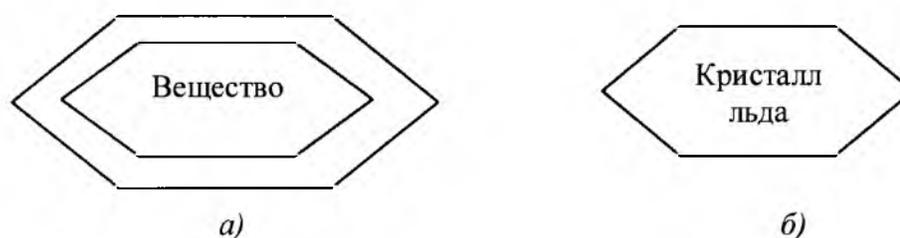


Рис. 1. Кристаллы льда и ледяные кристаллы:
а – ледяной кристалл; б – кристалл льда

Такой подход к разработке тезаурусов позволяет исключить неоднозначное и неправильное толкование и понимание употребляемых определений.

Обратимся к другому примеру и покажем различие выражений «маскировочные средства» и «маскирующие средства», столь похожих на первый взгляд по смысловому содержанию.

Дело в том, что одни и те же средства (например, белый маскхалат и зеленый камуфляжный костюм), являясь одновременно маскировочными средствами, в зависимости от места их применения не могут выполнять свои маскирующие функции, т. е. не могут считаться маскирующими средствами. Например, белый маскхалат летом и зеленый камуфляж зимой являются демаскирующим фактором.

Таким образом, можно видеть, что:

– маскировочные средства – это орудия (совокупность приспособлений) и приемы (способы действий), предназначенные для осуществления маскировки;

– маскирующие средства – это орудия (совокупность приспособлений) и приемы (способы действий), позволяющие решать задачу маскировки в соответствии с их предназначением.

Подобных примеров можно привести множество. При составлении тезауруса необходимо исходить из того, что количество разрабатываемых терминов не должно перегружать словарь. Целесообразно и необходимо исключить дублирование терминов.

Наведение порядка в терминологии в различных областях – необходимое требование нашего времени.

Встречаются (и очень часто) также случаи неправомерного употребления терминов. Рассмотрим пример. В литературе (в том числе, к сожалению, и научной) нередко употребляется термин «аэрозольный генератор». Применение этого термина лишено всякого здравого смысла, ибо не бывает генератора, находящегося в аэрозольном состоянии. Поэтому, естественно, правильно и правомочно употребление только «генератор аэрозолей».

Генератор [8, с. 129]. Общее название устройства, машин, производящих какой-нибудь продукт, вырабатывающих энергию или преобразующих один вид энергии в другой.

Аэрозоль [11, с. 80] (см. аэро+золь). Дисперсная система, состоящая из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде; к аэрозолям относятся дымы и туманы.

Аэро [8, с. 30]. Первая часть сложных слов, означающая отношение к авиации, воздухоплаванию, например: аэронавигация, аэроклуб, аэромаяк.

Действительно, не зря сказал знаменитый математик и философ XVII века Рене Декарт: «Уточните значение слов, и вы избавите человечество от половины заблуждений» [10].

Можно заметить, что история человеческого развития отражается в развитии понятий, используемых в научном общении. Поэтому неудивительно, что многие понятия начинают трактоваться по-другому, становятся более конкретными, содержательными. Удачные содержательные понятия обеспечивают решение многих задач. Примером тому является понятие энергии, которое первоначально использовалось как характеристика механического движения тела, а потом было обобщено на многие научные области и стало фундаментальным научным понятием во многих научных областях.

В связи с тем, что для решения научных проблем на адекватном уровне приходится использовать термины из различных отраслей науки, возникает необходимость в привлечении внешних соответствующих этим отраслям тезаурусов, являющихся внешними, проблемными тезаурусами по отношению к базовому тезаурусу данной проблемы [9].

Так как любой отраслевой словарь включает в себя термины, образованные словами и терминами из других отраслевых словарей, то все элементы предлагаемых новых терминов должны быть однозначно понимаемы и, следовательно, заранее определены.

Структурная схема внешнего проектирования проблемного тезауруса в общем виде показана на рис. 2, где обозначено [1, 5, 9]:

ГИПЕР – ЭКЗО – МЕТА – ПРО – ТЕЗ – группа толковых словарей общего назначения (например, «Современный словарь иностранных слов», «Толковый словарь русского языка» Ожегова С.И. и др.);

ЭКЗО – МЕТА – ПРО – ТЕЗ – группа отраслевых словарей широкого профиля (например, метеорологический, химический и др.);

ЭНДО – ПРО – ТЕЗ – разрабатываемый словарь по рассматриваемой проблеме.

ГИПЕР – сверх	ЭКЗО – внешний	ПРО – проблемный
ТЕЗ – тезаурус	ЭНДО – внутренний	МЕТА – переходный

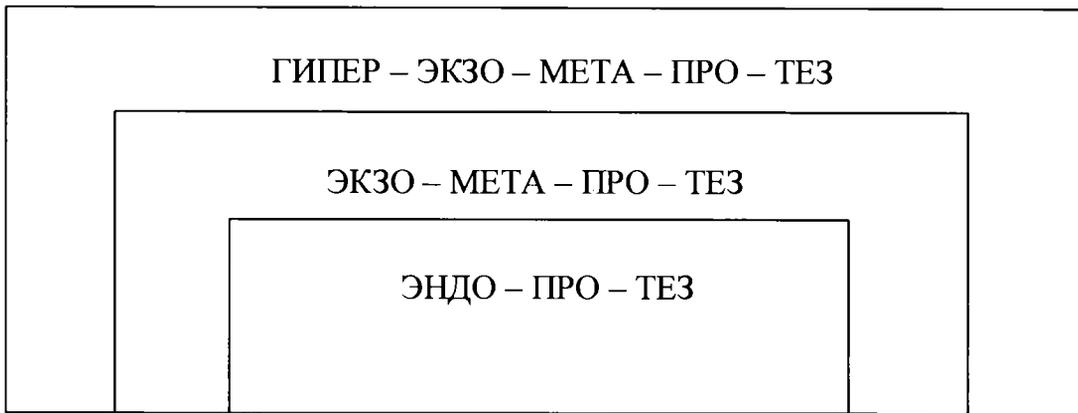


Рис. 2. Структурная схема внешнего проектирования проблемного тезауруса в общем виде

В связи с тем, что на сегодняшний день не существует тезаурусов проблемы гидрометеорологического (геофизического) обеспечения (ГМО и ГФО), а также проблемы модифицирования (операционное ГМО – ОГМО), построение тезаурусов по отдельным направлениям проблемы модифицирования геофизической среды представляется актуальным. Например, разработка тезауруса по проблеме модифицирования теплых облаков и туманов, конвективных облаков, создания искусственных атмосферных образований и др. будет представлять собой этап внутреннего проектирования тезаурусов проблемы ГМО деятельности Вооруженных сил (ДВС) и проблемы ОГМО.

На рис. 3 в качестве примера представлена иерархия словарей (тезаурусов) проблемы ГМО применительно к решению задачи маскирования объектов посредством модифицирования геофизической среды (ГФСр), где обозначено:

МЕТА – ПРО – ТЕЗ – ГМО – МОДИФ – тезаурус проблемы модифицирования ГФСр;

ЭНДО – ПРО – ТЕЗ – ГМО – МОДИФ – МАС – тезаурус проблемы маскирования посредством модифицирования ГФСр.

Концептуально-методологические основы построения таких словарей применительно к проблеме ГМО и ГФО рассмотрены в работах [1–3].

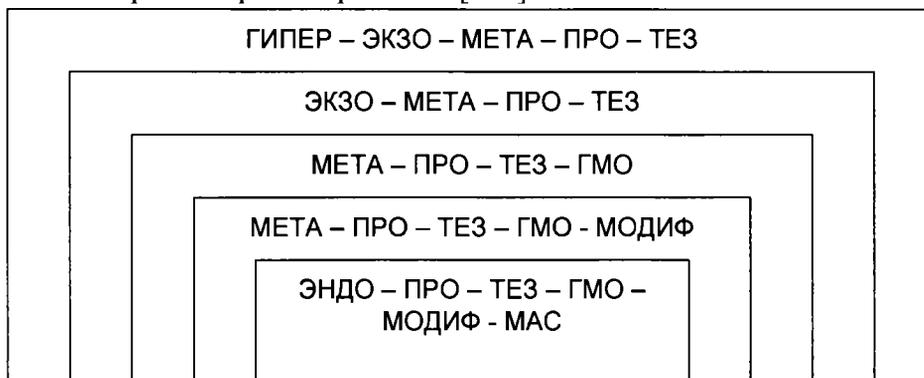


Рис. 3. Иерархия словарей (тезаурусов) проблемы ГМО применительно к решению задачи маскирования объектов посредством модифицирования ГФСр

Важно отметить, что разработанные концептуально-методологические основы построения тезауруса применимы не только к проблеме модифицирования ГФСр, а также и к любой другой. Для демонстрации этого положения на рис. 4 представлена иерархия словарей проблемы ГМО с учетом экологических аспектов [4, 6].

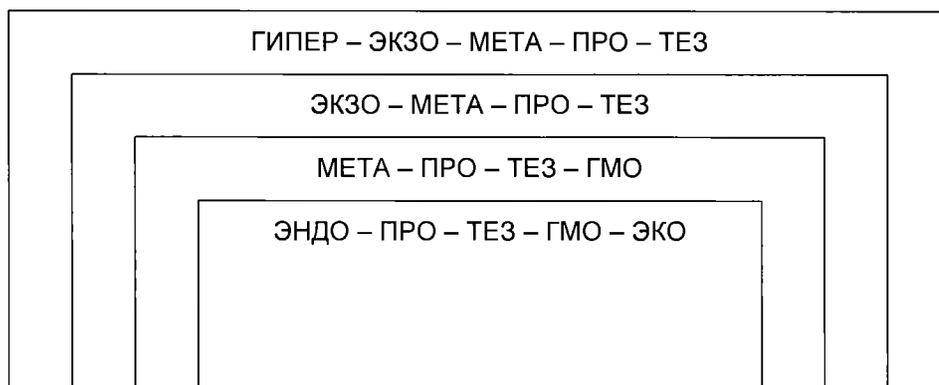


Рис. 4. Иерархия словарей проблемы ГМО с учетом экологических аспектов

Здесь ЭНДО – ПРО – ТЕЗ – ГМО – ЭКО – тезаурус проблемы обеспечения экологической безопасности ДВС.

Предложенный в работе подход к построению тезаурусов (отраслевых словарей) может обеспечить повышение качества проведения научных исследований в различных областях науки и техники.

Список используемых источников

1. Доронин А.П. К вопросу о разработке отраслевого словаря по проблеме геофизического обеспечения деятельности Вооруженных сил / А.П. Доронин, Г.Б. Петухов. – М., 1998. – 7 с. – Деп. в ЦВНИ МО РФ, серия В, вып. № 42, инв. №В 3530.
2. Доронин А.П. Концептуально-методологические основы построения отраслевого словаря (тезауруса) по проблеме геофизического обеспечения деятельности Вооруженных Сил / А.П. Доронин, Г.Б. Петухов, А.В. Уличев // Проблемы, методы, алгоритмы испытаний и управления космических систем (комплексов): научно-технический сборник (труды). – МО РФ, 1999. – Вып. 5 (НИО) – С. 53–54.
3. Доронин А.П. Концептуально-методологические основы построения отраслевого словаря-тезауруса по проблеме маскирования объектов РВ СН / А.П. Доронин, Г.Б. Петухов, А.М. Девяткин // Проблемы, методы, алгоритмы испытаний и управления космических систем (комплексов): научно-технический сборник (труды). – МО РФ, 1999. – Вып. 10 (НИО). – С. 49–54.
4. Доронин А.П. Концептуально-методологические основы разработки отраслевого словаря по проблемам обеспечения экологической безопасности / А.П. Доронин, Д.Н. Арзаманов, Б.Ю. Никульшин // Инновационная деятельность в Вооруженных силах Российской Федерации: труды всеармейской научно-практической конф., 23-24 ноября 2006 г. – СПб., 2006. – С. 97–100.
5. Доронин А.П. Концептуальные основы исследования проблемы модифицирования геофизических объектов / А.П. Доронин, Г.Б. Петухов. – М., 1998. – 12 с. – Деп. в ЦВНИ МО РФ, серия Б, вып. №43, инв. №Б 3492.
6. Доронин А.П. Концептуально-методологические основы построения тезауруса проблемы обеспечения экологической безопасности деятельности Вооруженных сил /

А.П. Доронин, Г.Б. Петухов, В.И. Якунин // Тез. докл. 15-ой Всероссийской межвузовской научно-технической конф. 15-17 мая 2001 г. – Казань, 2001. – Часть II. – С. 149–152.

7. *Ожегов С.И.* Словарь русского языка / под ред. члена-корреспондента АН СССР Н.Ю. Шведовой. – М.: Русский язык, 1987. – 796 с.

8. *Ожегов С.И., Шведова Н.Ю.* Толковый словарь русского языка. – М.: Азъ, 1993. – 955 с.

9. *Петухов Г.Б.* Методологические основы научного и делового общения: к проблеме коммуникации в конфликтных ситуациях: методическое пособие. – СПб. 1996. – 106 с.

10. *Рене Декарт* Сочинения в 2-х томах / сост. В. Соколов. – М.: Мысль, 1989. – 1308 с.

11. Современный словарь иностранных слов. – СПб.: Дуэт, 1994. – 752 с.

С.А. Лаушкин

ВОПРОСЫ ОПУБЛИКОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Изложены актуальные вопросы опубликования различных видов нормативных правовых актов в Российской Федерации. Рассматриваются сроки, официальные и неофициальные источники и язык опубликования нормативных правовых актов в Российской Федерации, а также ограничительные грифы, применяемые при их опубликовании.

Ключевые слова: нормативный правовой акт, опубликование нормативных правовых актов, сроки опубликования, источники опубликования, язык опубликования.

ВВЕДЕНИЕ

Правовая информация представляет собой сведения о фактах, событиях, предметах, лицах, явлениях, протекающих в правовой сфере жизни общества, содержащихся как в нормах права, так и в других источниках, и используемая при решении правовых задач.

Специфика правовой информации заключается в том, что независимо от своего содержания она всегда обладает определенной социальной значимостью. Правовая информация регулирует отдельные стороны хозяйственной и социально-культурной деятельности общества, что и определяет ее особый, прагматичный характер.

Законодательство – наиболее значимый вид правовой информации, основу которого составляют: нормативные правовые акты России и сопутствующие им документы – официальные разъяснения правовых актов, сопроводительные документы, распоряжения органов государственной власти и должностных лиц и некоторые другие, а также акты международного права, действующие на территории России.

Для обеспечения соблюдения норм права необходимо, чтобы эти нормы права стали известны всем. Это относится не только к законам, но и к подзаконным актам, которые также затрагивают значительное число граждан или групп населения.

Право на информацию о новых законах и иных нормативных актах – это одно из признанных международным сообществом прав человека. Государство обязано уважать данное право и содействовать его реализации.

Формирование современной, широко доступной базы действующего законодательства – одно из основных направлений правовой реформы, проводимой в стране. В этой связи существенно возрастает роль обнародования принимаемых нормативных правовых актов.

Вопросы опубликования различных нормативных правовых актов являются важными и юридически значимыми. Они напрямую связаны с проблемой вступления нормативных актов в силу, правильным применением правовых норм всеми государственными органами, организациями, должностными лицами и гражданами. Весьма важным здесь является и информационно-правовой аспект, поскольку состояние гласности в этой области непосредственно затрагивает права и законные интересы граждан и других субъектов права. Их информированность о действующем законодательстве и должна стать определенным средством обеспечения этих прав и свобод, необходимой предпосылкой знания законов.

Проблемы доступности и открытости законодательства приобретают особое значение еще и потому, что в качестве информирующих лиц по законодательству все чаще выступают различные коммерческие структуры, которые далеко не всегда способны обеспечить полную и достоверную информацию о законах. Более того, нередко под видом законов они воспро-

изводят их проекты, и к тому же даже не самые последние из них. А уж о том, что в этих публикациях встречаются неточности и ошибки, и вовсе говорить не приходится.

Главное значение опубликования заключается в том, что оно является необходимым условием вступления нормативных правовых актов в силу, их применения на практике, их действенности, и в конечном итоге решает вопросы общеобязательности правовых норм.

Для того чтобы все нормативные акты были доведены до сведения граждан, которых они непосредственно или косвенно касаются, в законодательстве предусматриваются нормы по опубликованию юридических актов.

Опубликование – это действие, заключающееся в доведении содержания нормативных правовых актов до сведения всех граждан, кому они адресованы.

Официальный порядок опубликования правовых актов нормативно урегулирован. Наиболее важные положения, касающиеся опубликования законов и иных нормативных правовых актов, закреплены в Конституции Российской Федерации. Более детальное регламентирование этих вопросов содержится в отдельных самостоятельных актах.

При публикации нормативного акта в обязательном порядке указываются его реквизиты:

- вид;
- наименование;
- дата принятия;
- должностное лицо, его подписавшее;
- место его подписания;
- дата подписания;
- регистрационный номер.

Для законов и подзаконных актов обязательным способом предания гласности является публикация, т. е. распространение актов при помощи средств массовой информации. В настоящее время их чаще всего печатают в официальных сборниках документов.

СРОКИ ОПУБЛИКОВАНИЯ

Согласно ч. 1 ст. 3 Федерального закона от 25 мая 1994 г. № 5-ФЗ «О порядке опубликования и вступления в силу федеральных конституционных законов, федеральных законов, актов палат Федерального Собрания» федеральные законы подлежат официальному опубликованию в течение 7 дней после дня их подписания Президентом Российской Федерации. Статья 4 данного закона устанавливает, что официальным опубликованием федеральных законов считается первая публикация их полного текста в «Парламентской газете», «Российской газете» или «Собрании законодательства Российской Федерации». При этом применительно к «Собранию законодательства Российской Федерации» правоприменителям необходимо иметь в виду не дату подписания издания в печать, обычно указываемую в выходных сведениях, а дату фактического опубликования, в результате которого реально обеспечивается получение информации о содержании закона его адресатами.

Указы Президента РФ должны быть доведены до всеобщего сведения путем опубликования в течение 10 дней после их подписания.

Постановления Правительства РФ подлежат официальному опубликованию не позднее 15 дней со дня их принятия, а при необходимости их широкого и немедленного обнародования доводятся до всех граждан через средства массовой информации безотлагательно.

Указы и распоряжения Президента Российской Федерации, постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации, решения Конституционного Суда Российской Федерации также публикуются в «Собрании законодательства Российской Федерации» и «Российской газете».

Ведомственные акты официально публикуются в течение 10 дней после их регистрации. Ведомственные акты публикуются в порядке, установленном Указом Президента Россий-

ской Федерации от 23 мая 1996 г. № 763. В частности, нормативные акты министерств и ведомств, затрагивающие права, свободы и законные интересы граждан, подлежат государственной регистрации в Министерстве юстиции Российской Федерации, а затем официально публикуются в «Российской газете».

Сроки опубликования нормативных правовых актов получили нормативное закрепление и в ряде субъектов Российской Федерации. Так, в соответствии с Законом «О порядке опубликования и вступления в силу законов Республики Башкортостан, актов Государственного Собрания Республики Башкортостан и его палат», принятом Законодательной палатой 25 апреля 1995 года и одобренном Палатой представителей, республиканские законы подлежат опубликованию в течение 7 дней после дня их подписания Президентом Республики Башкортостан. Акты Государственного Собрания, его палат публикуются не позднее 10 дней после дня их принятия. Согласно Закону «О порядке опубликования вступления в силу нормативных правовых актов органов государственной власти Воронежской области» законы области публикуются в течение 7 дней после их подписания председателем областной Думы; другие правовые акты, подлежащие опубликованию, – не позднее 10 дней после их принятия.

Объяснить установление различных сроков для опубликования нормативных актов достаточно трудно, ведь смысл этого мероприятия одинаков во всех случаях. Более того, даже источники опубликования некоторых видов нормативных актов совпадают. Многие ведущие юристы неоднократно высказывали мнение [1] привести законодательное закрепление сроков опубликования к единому знаменателю. Тем более, что в некоторых государствах эта идея давно реализована и на практике показала свою эффективность.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОПУБЛИКОВАНИЯ

В соответствии с ч. 3 ст. 15 Конституции РФ все законы, а также любые нормативные акты, затрагивающие права, свободы и обязанности человека и гражданина, должны быть официально опубликованы для всеобщего сведения, то есть обнародованы. Неопубликованные нормативные правовые акты не применяются, не влекут правовых последствий как не вступившие в силу. Официальное опубликование является конституционной гарантией прав граждан. Государство не может требовать от граждан соблюдения законов, содержание которых не доведено до их сведения.

Таким образом, в ч. 3 ст. 15 Конституции РФ содержится, с одной стороны, веление, обращенное к участникам законодательного процесса, официально опубликовать принятый закон, с другой – запрет, обращенный к любому правоприменителю, не применять неопубликованный закон. Правоприменители, включая органы государства и их должностных лиц, органы местного самоуправления, суды в силу прямого запрета Конституции, не должны применять не опубликованные официально законы [14].

Законы публикуются в «Парламентской газете», «Российской газете» или «Собрании законодательства Российской Федерации».

Указы Президента РФ подлежат официальному опубликованию в «Российской газете» и «Собрании законодательства Российской Федерации».

Постановления Правительства РФ имеют те же источники официального опубликования – «Российская газета» и «Собрание законодательства Российской Федерации».

Ведомственные нормативные акты подлежат официальному опубликованию в «Российской газете», «Бюллетене нормативных актов федеральных органов исполнительной власти». Сохранилась и такая форма официального оглашения, как ведомственная рассылка. Она осуществляется в целях доведения ведомственных актов до их исполнителей и обычно нормативно регламентируется самими ведомствами.

Неоднократно в юридической литературе высказывалось предложение о целесообразности установления единого печатного органа официального опубликования нормативных правовых актов разных уровней. По мнению Т.В. Кашаниной, это позволило бы сконцентрировать нормативный материал и облегчить адресатам пользование им. Кроме того, можно было бы уменьшить расходы на их издание. Тем самым был бы облегчен процесс их учета и систематизации [4, С. 327]. Целесообразность создания единого органа официального опубликования подтверждает и положительный опыт его функционирования в целом ряде зарубежных государств – Италии, Франции, ФРГ и др.

На федеральном уровне, равно как и на уровне отдельных субъектов РФ, для оперативного доведения правовой информации до широких слоев населения практикуется опубликование нормативных правовых актов в массовых периодических изданиях, которым придается статус официального источника опубликования. В России, например, это «Российская газета». В свою очередь, в соответствии с Законом Мурманской области от 04.05.2000 г. №195-01-ЗМО, законы Мурманской области, иные нормативно-правовые акты, принятые органами государственной власти Мурманской области, по вопросам защиты прав и свобод человека и гражданина подлежат официальному опубликованию в газете «Мурманский вестник», «Ведомости Мурманской областной Думы», «Собрание законодательства Мурманской области». А в соответствии с Постановлением Главы администрации Кольского района от 11.05.2004 г. №18 [15] официальное опубликование нормативно-правовых актов, издаваемых органами и должностными лицами местного самоуправления муниципального образования «Кольский район» Мурманской области осуществляется в газете «Кольское слово».

Идея комплексного урегулирования вопросов опубликования актов разной юридической силы в одном акте (законе) находит воплощение и в практике отдельных субъектов РФ. Например, Законом Воронежской области от 7 июля 2006 г. № 86–ОЗ «О порядке опубликования, вступления в силу нормативных правовых актов органов государственной власти Воронежской области и порядке опубликования иной официальной информации» урегулирован порядок опубликования не только законов, но и других актов, принятых областной Думой, а также администрацией области.

Отдельными субъектами Федерации вопрос подписания и обнародования законов регламентирован еще более четко и определенно. Так, Уставом Тюменской области предусматривается, что принятый на повторном заседании областной Думы в прежней редакции закон подписывается председателем областной Думы и губернатором в трехдневный срок с момента его поступления. Если в течение указанного срока губернатор не подписывает закон, то он вступает в силу. Согласно Уставу Иркутской области (ст. 28) губернатор в течение 10 дней с момента поступления принятого Законодательным собранием закона области подписывает и обнародует его. Если губернатор в течение этого срока не подписал и не возвратил принятый закон для повторного рассмотрения, то закон подлежит обнародованию и вступает в силу в установленном порядке. В случае возвращения принятого закона для повторного его рассмотрения и одобрения в прежней редакции большинством не менее двух третей от установленного числа депутатов Законодательного собрания губернатор обязан подписать и обнародовать данный закон в течение 5 дней с момента поступления [1].

Следует, однако, учитывать, что в средствах массовой информации целесообразно публиковать не все, а лишь наиболее важные нормативные акты, требующие широкого обнародования. Помещение иных многочисленных актов со всеми их реквизитами в периодическом издании неизбежно приведет к его перегрузке обязательными публикациями.

Законы и акты палат Федерального Собрания могут быть опубликованы и в иных печатных изданиях, а также доведены до всеобщего сведения (обнародованы) по телевидению и радио, разосланы государственным органам, должностным лицам, предприятиям, учреждениям, организациям, переданы по каналам связи, распространены в машиночитаемой форме.

Опубликование нормативных актов в бумажном виде в современных условиях, как отмечает В.Б. Исаков [3, С. 254-262], все более демонстрирует свои недостатки (недостаточный

динамизм, трудности хранения и поиска нормативных актов, экономические и экологические ограничения, неопределенность правового статуса печатного документа, неидентичность различных версий официальных текстов и др.). Он делает вывод: официальное опубликование в электронном виде – исторически неизбежный этап в развитии государства.

4 октября 2011 года Государственная дума РФ приняла во втором и третьем (заключительном) чтениях Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «О порядке опубликования и вступления в силу федеральных конституционных законов, федеральных законов, актов палат Федерального Собрания», который расширяет перечень источников официального опубликования правовых актов.

Теперь источником официального опубликования федеральных конституционных законов, федеральных законов, актов палаты Федерального Собрания наравне с «Парламентской газетой», «Российской газетой», «Собранием законодательства Российской Федерации» становится «Официальный интернет-портал правовой информации» (www.pravo.gov.ru). Причем публикации только на этом интернет-портале будет достаточно для вступления нового документа в силу.

На данном портале также могут быть официально опубликованы правовые акты Правительства РФ, других органов государственной власти, законы и иные правовые акты субъектов РФ и муниципальные правовые акты в порядке, устанавливаемом Президентом РФ.

По мнению ведущего эксперта по управлению документацией компании «Электронные Офисные Системы» Н.А. Храмцовой это весьма своевременное решение. Оно упрощает процесс официального опубликования нормативных правовых актов, создающихся у нас во все возрастающем количестве и объеме. Появляется возможность решить наконец проблему надлежащего официального опубликования таких объемных документов, как Перечни [12].

НЕОФИЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОПУБЛИКОВАНИЯ

Помимо официального опубликования нормативных правовых актов, существуют другие формы их оглашения. Акты, требующие срочного и широкого обнародования, наряду с опубликованием в официальных изданиях могут быть обнародованы по радио и телевидению, а также в Интернете. Акты, не имеющие общего значения, подлежат рассылке определенному кругу органов и организаций. Все нормативные акты могут быть опубликованы в иных печатных изданиях, переданы по каналам связи и др. Ничто не мешает их опубликовать и в виде отдельного издания. Однако эти варианты опубликования не признаются официальными.

ЯЗЫК ОПУБЛИКОВАНИЯ

Заслуживает особого внимания вопрос о языке официального опубликования нормативных правовых актов, который имеет значение прежде всего для республик в составе Российской Федерации. Не случайно он затрагивается специальным законодательством об опубликовании нормативных правовых актов и законами о языках, принятыми на федеральном и республиканском уровнях.

Здесь действует следующее правило.

Тексты законов и других федеральных актов должны быть опубликованы как на русском языке, признанном государственным на всей территории РФ, так и на государственных языках республик в составе Российской Федерации.

В соответствии с Законом «О языках народов Республики Хакасия» «законы и иные нормативные правовые акты, принятые высшими органами государственной власти Республики Хакасия, наряду с официальным опубликованием на государственном языке Российской Фе-

дерации могут официально публиковаться на хакасском языке» [11, Ст.11]. В Законе «О языках народов Республики Бурятия» установлено, что «тексты законов и постановлений органов государственной власти Республики Бурятия публикуются на двух языках – бурятском и русском и имеют равную юридическую силу» [10, Ст.7]. Что касается документов местных органов власти и управления, то они принимаются и объявляются или на русском, или на бурятском языке – в зависимости от контингента населения. В местностях компактного проживания других национальностей (эвенки, татары, ненцы и др.) наряду с государственными языками может использоваться язык большинства населения данной местности.

Такой подход, когда в качестве государственного на территории республики действуют одновременно несколько языков, дает больше возможностей для преодоления возникающих языковых коллизий и поэтому представляется наиболее целесообразным. Вместе с тем реализация нормы о необходимости опубликования нормативных правовых актов, изложенных на разных языках, весьма непростая (особенно в условиях многонациональной республики). Сказывается недостаточная подготовленность материальной, организационной и лингвистической баз.

Конечно, вопросы официального опубликования нормативных правовых актов могут решаться субъектами РФ неоднозначно. Но в любом случае при информационном обмене в сфере законодательства необходимо исходить из проблемы «взаимоотношения языков» в рамках единой Федерации.

ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ ГРИФЫ

Существует категория нормативных актов, на которые требование обязательного опубликования не распространяется. К ним относятся законы, другие нормативные правовые акты, содержащие сведения, составляющие государственную тайну, или сведения конфиденциального характера. Это делается, как правило, в интересах обороны или государственной безопасности страны.

Очевидно, что какие-то нормативные правовые акты должны оставаться «закрытыми» даже в условиях демократического правового государства. Однако при этом важно не допускать необоснованного присвоения ограничительных грифов. Результатом чрезмерной засекреченности правовых актов, по мнению Т.В. Кашаниной, может стать такое нежелательное явление, как «отчуждение от права» [4, С.329]. Необходимо также учитывать, что присвоения ограничительного грифа в ряде случаев требует не весь акт, а лишь определенная его часть (статья, пункт, абзац).

С учетом распространенной в прошлом практики издания секретных нормативных правовых актов, которыми ограничивались или нарушались в иной форме права и свободы граждан, специально оговаривается, что любые нормативные правовые акты, затрагивающие права, свободы и обязанности человека и гражданина, не могут применяться, если они не опубликованы официально для всеобщего сведения. Данный запрет, таким образом, распространяется не на любые правовые акты, а на нормативные правовые акты как федеральных органов государственной власти, так и органов государственной власти субъектов Российской Федерации. В постановлении Конституционного Суда Российской Федерации от 20 декабря 1995 г. № 17-П Суд пришел к выводу, что в силу ч. 3 ст. 15 Конституции Российской Федерации «уголовная ответственность за выдачу государственной тайны иностранному государству правомерна лишь при условии, что перечень сведений, составляющих государственную тайну, содержится в официально опубликованном для всеобщего сведения федеральном законе. Правоприменительное решение, включая приговор суда, не может основываться на неопубликованном нормативном правовом акте, что вытекает из ч. 3 ст. 15 Конституции Российской Федерации» [13].

Содержащаяся в комментируемом положении гарантия распространяется не только на конституционные, но и на иные права, свободы и обязанности граждан и иных физических лиц, постоянно или временно пребывающих на территории Российской Федерации. При этом не имеет значения, осуществляются права, свободы и обязанности человека и гражданина индивидуально или коллективно.

Правоприменителю, к которому обращен данный конституционный запрет, необходимо иметь в виду, что к нормативным правовым актам, затрагивающим права, свободы и обязанности можно, например, отнести акты, нарушающие права и свободы человека и гражданина, препятствующие осуществлению индивидом своих прав и свобод, возлагающие на гражданина дополнительные обязанности или устанавливающие ответственность за деяния, считавшиеся до этого правомерными и т.п. Определенные критерии на этот счет содержатся в Законе Российской Федерации от 27 апреля 1993 г. № 4866-1 «Об обжаловании в суд действий и решений, нарушающих права и свободы граждан» [7].

Таким образом, вырабатываемые практикой новые формы в организации публикации законов и иных нормативных правовых актов не только заслуживают внимания, но и требуют научного осмысления, выработки практических рекомендаций. Любой нормативный акт может действовать только в том случае, если он опубликован и находится в свободном доступе как информационный ресурс, чем реализуется право граждан на получение правовой информации.

Свободный доступ каждого гражданина к правовой информации – одно из основных требований демократического общества, определяющее активный диалог между гражданами, обществом и властью.

Правовая информатизация России содействует повышению уровня правовой информированности общества путем всестороннего обеспечения органов, должностных лиц и граждан полной и достоверной информацией о действующих в России законодательных актах.

Список используемых источников

1. *Абрамова А.И., Рахманина Т.Н.* Опубликование нормативных актов: информационно-правовой аспект // Журнал российского права. – 1998. – № 10–11.
2. *Бахрах Д.Н.* Конституционные основы действия правовой нормы во времени // Журнал российского права. – 2003. – № 5.
3. *Исаков В.Б.* Официальное электронное опубликование как необходимая предпосылка перехода к системе непрерывной кодификации // Кодификация законодательства: теория, практика, техника: материалы Международной научно-практической конф. – Н. Новгород, 2009.
4. *Кашанина Т.В.* Юридическая техника: учебник. – 2-ое изд., пересмотр. – М.: Норма: ИНФРА-М, 2011. – 496 с.
5. *Ласточкина М.Л., Тихомирнова Н.Ю.* Официальное опубликование нормативных актов и вступление их в силу // Законодательство. – 2004. – ноябрь.
6. *Малков В.П.* Опубликование и вступление в силу федеральных законов, иных нормативных правовых актов // Государство и право. – 1995. – №5.
7. Об обжаловании в суд действий и решений, нарушающих права и свободы граждан: закон РФ от 27 апреля 1993 г. № 4866-1 (в ред. ФЗ №4-ФЗ от 09.02.2009) // Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации. – 1993. – 13 мая. – № 19. – Ст.685.
8. О порядке опубликования и вступления в силу актов Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти: Указ Президента РФ от 23 мая 1996 г. № 763 (в ред. Указов

Президента РФ от 16.05.97 № 490, от 13.08.98 № 963, от 28.06.2005 № 736, от 17.11.2011 № 1505) // Собрание законодательства РФ. – 1996. – 27 мая. – № 22. – ст.2663.

9. О порядке опубликования и вступления в силу федеральных конституционных законов, федеральных законов, актов палат Федерального Собрания: федеральный закон от 14 июня 1994 г. № 5-ФЗ (в ред. ФЗ №289-ФЗ от 21.10.2011) // Собрание законодательства РФ. – 1994. – 20 июня. – № 8. – ст.801.

10. О языках народов Республики Бурятия: закон Республики Бурятия от 10 июня 1992 г. № 221–XII (с изменениями от 29 сентября 2003 г., 3 июля 2006 г.) // Бурятия. – 1992. – 23 июня. – № 119 (276).

11. О языках народов Республики Хакасия: закон Республики Хакасия от 20 октября 1992 г. № 11 (в ред. Закона Республики Хакасия от 05.05.2008 № 6-ЗРХ) // Хакасия. – 1993. – 3 ноября.

12. *Храмцовская Н.А.* Новый официальный источник опубликования нормативных правовых актов // Делопроизводство и документооборот на предприятии. – 2011. – ноябрь.

13. Постановление Конституционного Суда РФ от 20 декабря 1995 г. N 17-П «По делу о проверке конституционности ряда положений пункта «а» статьи 64 Уголовного кодекса РСФСР в связи с жалобой гражданина В.А.Смирнова» // Российская газета. – 1996. – 18 января.

14. Постановление Конституционного Суда Российской Федерации по делу о проверке конституционности части первой статьи 2 Федерального закона от 7 марта 1996 года «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «Об акцизах» // Вестник Конституционного Суда РФ. – 1996. – № 5.

15. Кольский районный суд Мурманской области Официальные источники опубликования нормативно-правовых актов, 20.09.2011 г. // Государственная автоматизированная система Российской Федерации «Правосудие» Интернет-портал. – http://kola.mrm.sudrf.ru/modules.php?№ame =press_dep&op=6

И.В. Марусенко,
кандидат филологических наук, доцент;
Н.С. Якушкина

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЕННО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РЕЧЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ХОДЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ВОЕННЫЙ ПЕРЕВОД»

Статья посвящена проблеме формирования у курсантов военно-профессиональных речевых компетенций, необходимых для осуществления письменной и устной коммуникации на военные темы, в ходе преподавания дисциплины «Военный перевод». В статье затрагиваются вопросы истории преподавания данной дисциплины в нашей стране, приводятся достижения отечественной лингвистики и методики в этой сфере, описываются трудности, возникающие в процессе обучения, а также рассматриваются новые возможности, появившиеся в этой области в связи с развитием информационных технологий.

Ключевые слова: военный перевод, формирование речевых компетенций, методика преподавания, письменная и устная коммуникация, новые информационные технологии.

Под профессионально-ориентированной технологией обучения понимают технологию, способствующую формированию значимых для будущей профессиональной деятельности обучаемых качеств личности, а также приобретение ими знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения функциональных обязанностей по избранной специальности.

В данной статье речь идет о преподавании дисциплины «Военный перевод», формирующей у курсантов *военно-профессиональные речевые компетенции*.

Структурная сложность данных компетенций непосредственно вытекает из исключительного многообразия видов работ, с которыми сталкивается в своей практической работе военный переводчик: в настоящее время военные переводчики участвуют в миротворческих и контртеррористических операциях; работают в крупных штабах и в высших военных учебных заведениях, учебных центрах и военных издательствах. Военной науке и технике необходимы специалисты, умеющие работать с разнообразными по тематике специальными текстами – военными, военно-научными и военно-техническими, военно-политическими, научными, научно-техническими, техническими и др.

Соответственно, выпускник высшего военного учебного заведения, прошедший обучение по дисциплине «Военный перевод», должен владеть методами письменного, устного, последовательного и двустороннего перевода; должен уметь аннотировать и реферировать военные материалы; читать и переводить боевые документы; читать военно-топографические карты и схемы на иностранном языке.

Кроме того, выпускник должен быть способен поддерживать устные речевые контакты в ситуациях профессионального общения (вести двусторонний перевод в ходе беседы с военным специалистом или осуществлять перевод допроса военнопленного).

В чем же заключаются особенности изучения дисциплины «Военный перевод»? Следует отметить, что многие теоретические вопросы военного перевода, как одного из видов специального перевода, достаточно подробно разработаны в трудах отечественных ученых и специалистов. Так, наиболее полно теория военного перевода представлена в трудах Г.М. Стрелковского [3], который ввел основные понятия теории военного перевода, предложил функционально-семантическую модель деятельности военного переводчика, дал детальную классификацию жанров военных текстов. Помимо этого он описал виды деятельности военного переводчика, раскрыл проблемы перевода военной терминологии, расшифровки военных сокращений и работы со словарями и справочниками.

Неоценимый вклад в развитие военного перевода внесен также Л.Л. Нелюбиным и его коллегами [2] из Военного университета (бывшего института военных переводчиков). Из

практики известно, что хорошее владение иностранным языком – это лишь первая ступень, необходимая для эффективного выполнения работы по военному переводу. Это связано со сложностью собственно предметной области (военное дело), а также с лексико-грамматическими, а в ряде случаев структурными особенностями военных текстов.

Все военные материалы на английском языке отличаются насыщенностью специальной военной лексикой, наличием определенного количества устойчивых словосочетаний, характерных только для военной сферы общения, обилием военных терминов, специальных сокращений и условных обозначений, использующихся только в военных материалах. С точки зрения синтаксиса военные тексты характеризуются широким использованием эллиптических (особенно в военной документации) и клишированных конструкций, бедностью временных глагольных форм, сжатой формой высказывания, использованием внутри одного предложения многочисленных параллельных конструкций, выраженных инфинитивными и причастными оборотами. Помимо этого в военном переводе очень большое значение имеет точность перевода, так как переведенный материал может служить основой для принятия важных решений, проведения военных операций и т. д. Военный переводчик должен иметь глубокую профессиональную подготовку, предполагающую знание военного дела, должен хорошо владеть как иностранным, так и родным языком, легко ориентироваться в военной терминологии; владеть навыками всех видов письменного и устного перевода.

Отсюда вытекают и высокие требования, предъявляемые к преподавателю военного перевода, который помимо иностранного языка должен владеть знаниями из области общего языкознания, грамматики, лексикологии, стилистики и теории перевода, а также, что особенно важно, знаниями из собственно военной области.

Накопленный нами опыт более чем десятилетнего преподавания дисциплины «Военный перевод» показывает, что курсанты изучают военный перевод с интересом, но при этом сталкиваются с большими трудностями, связанными главным образом с недостаточными знаниями по военным дисциплинам.

Из практики хорошо известно, что для осуществления адекватного перевода совершенно необходимо хорошо разбираться в военных вопросах (знать особенности организации вооруженных сил иностранных государств, их стратегии и тактики, вооружения и боевой техники и т. д.).

С целью преодоления названных трудностей на кафедре были созданы учебные пособия «Военный перевод» (Ю.А. Раков, И.В. Марусенко, Н.С. Якушкина) и «Военно-технический перевод» (И.В. Марусенко, Н.С. Якушкина, Н.С. Яснова). Данные пособия являются строго профилированными, что позволяет формировать языковую, речевую и предметную компетенции параллельно, то есть в комплексе. Пособия содержат множество таблиц, оказывающих большую помощь при изучении разнообразных тем курса «Военный перевод». Таблицы позволяют структурировать материал, наглядно представлять его, а также помогают при запоминании громадного количества новой военной лексики.

Следует отметить, что обучение военному переводу практически невозможно без применения технических средств, поэтому при преподавании данной дисциплины всегда стремились максимально использовать имеющиеся на данный момент времени технические возможности (проигрыватели, магнитофоны, лингафонные кабинеты, диапроекторы, кинопроекторы и т. д.).

Особенно необходимы были ТСО при обучении переводу на слух. Перевод на слух – один из самых распространенных видов деятельности военного переводчика и одновременно один из самых сложных. Для осуществления перевода на слух следует хорошо владеть аудированием («слушанием с пониманием» по определению Р.К. Миньяра-Белоручева) [1].

Неоценимой помощью в обучении военному переводу стали появившиеся в последнее время учебные пособия «Campaign. English for the Military» [4] и «Command and Control» [5], содержащие огромное количество прекрасно записанных текстов по военной тематике. Эти

учебные пособия могут использоваться как дополнительный материал к основному учебному пособию по военному переводу.

Проводимое в компьютерном классе аудирование соответствующих изучаемому материалу текстов допускает многократное прослушивание. Повторное прослушивание обеспечивает запоминание лексики, более полное и точное понимание аудиотекста, а также лучшее запоминание его содержания, если прослушанный текст используется для последующего пересказа, устного обсуждения или письменного изложения.

Имеющиеся тексты можно также использовать для развития навыков письменного перевода на слух с английского языка на русский и с русского на английский. В этом случае текст предъявляется обучающимся по предложениям или по абзацам с паузами, во время которых слушатели записывают перевод предложений или абзацев.

Аудиотексты вышеуказанных пособий могут также использоваться для проверки усвоения ранее пройденного по основному пособию материала.

Стремительное развитие техники и проникновение новых информационных технологий во все сферы жизнедеятельности человека, а также интенсивное развитие мультимедийных средств произвело настоящую революцию в обучении иностранным языкам и вывело преподавание дисциплины «Военный перевод» на новый уровень. Одновременно с этим век информационных технологий сформировал новое поколение учащихся, обладающих по сути новым мышлением. Современные учащиеся прекрасно ориентируются во всех вопросах, связанных с компьютером, и, что чрезвычайно существенно, привыкли получать информацию в сети Интернет.

Современный преподаватель должен постоянно повышать свою квалификацию как собственно в своей профессиональной сфере, так и в области информационных технологий, чтобы удержаться на уровне сложных задач, которые ставит перед ним в настоящее время жизнь. Ведь до недавнего времени были нередки случаи, когда учащиеся обладали большей компьютерной грамотностью и информационной осведомленностью, чем их преподаватели.

Итак, что дают нам, преподавателям военного перевода, современные информационные технологии?

Тексты, содержащиеся в пособиях, созданных в академии, в целом отражают современное состояние военной техники и структуры соответствующих видов и родов войск. Однако быстротекущая жизнь приносит все больше нового во все сферы жизни, и изменения в структуре вооруженных сил предполагаемого противника, появление новых образцов военной техники требуют своего воплощения в материалах, используемых в преподавании предмета, о котором идет речь в настоящей статье. Создание же учебных пособий и их издание представляет собой довольно длительный процесс, за время которого материал быстро устаревает. Поиски новых, по-настоящему современных текстов и их использование в учебном процессе требовали до недавнего времени очень больших усилий.

Поистине неопределимыми оказались для преподавания военного перевода новые информационные технологии. Прежде всего трудно переоценить возможности сети Интернет в качестве *ресурсной базы* в сфере преподавания военного перевода. Используя интернет, можно легко найти материалы по любому вопросу и разобраться в сути переводимого материала.

Обилие информационных материалов дает преподавателю невиданное до настоящего времени поле аутентичных материалов, разнообразных по тематике и жанрам. В Интернете представлены многочисленные документы общественно-политического, дипломатического, военного характера. Существует возможность посетить сайты ООН, НАТО, ОБСЕ, ЕС и других международных организаций.

Если в прежние годы работа по теории и практике военного перевода была вынужденно ограничена рамками нескольких жанров (статья в специальном журнале, каталог, радиоперехват), то в современных условиях реальной становится максимально разнообразная тематика военных переводческих текстов.

Современные информационные технологии представляют находящиеся в открытом доступе относительно редко встречавшиеся ранее военно-экономические, военно-юридические, военно-исторические и военно-специальные тексты, тексты военных пресс-служб и т. д. Количество и объем информации стремительно возрастает.

Итак, основное использование интернет-технологий в преподавании военного перевода – это поиск разнообразных военных материалов, в том числе аудио и аудиовизуальных.

Важным представляется и широко распространенное в наши дни использование презентаций в формате Microsoft PowerPoint.

Перспективной формой работы на любом уровне владения английским языком являются проекты (творческие задания).

В основе проекта лежит какая-то **проблема**. Чтобы ее решить, учащимся требуется не только знание языка, но и владение большим объемом разнообразных предметных знаний, необходимых и достаточных для решения данной проблемы. Кроме того, учащиеся должны владеть определенными интеллектуальными, творческими, коммуникативными умениями. К первым можно отнести умение работать с информацией, с текстом (выделять главную мысль, вести поиск нужной информации в иноязычном тексте), умение анализировать информацию, делать обобщения и выводы, а также умение работать с разнообразным справочным материалом.

Задача при выполнении каждого проекта – постараться, используя материал сети Интернет, ввести или закрепить тематическую лексику, предложить ряд заданий с привлечением дополнительного материала по изученной теме.

Проекты, выполненные в виде презентаций, помогают разнообразить занятия, а также реализуют комплексный подход в обучении и значительно повышают мотивацию. Учащиеся могут получать информацию по проблеме, над которой работают в данный момент в рамках проекта. Любой учащийся, имея компьютер и доступ к сети Интернет, легко может составить презентацию в формате Microsoft PowerPoint. На занятии обучающийся рассказывает на иностранном языке о том, что происходит на экране, в удобном для себя темпе. По окончании презентации можно проверить, как его слушали остальные (например, учащиеся выполняют короткий тест). Тем самым отрабатываются навыки монологической речи и восприятия речи на слух.

Таким образом, в настоящее время в арсенале преподавателя военного перевода имеются средства, многократно расширяющие возможности преподавания такой сложной дисциплины, каковой является «Военный перевод». Однако только тщательно продуманное комплексное сочетание всех имеющихся в арсенале педагогических приемов и информационных технологий может способствовать достижению хороших результатов.

Список используемых источников

1. *Миньяр-Белоручев Р.К.* Как стать переводчиком. – М.: Наука, 1994.
2. *Нелюбин Л.Л., Князева Е.Г.* Переводческая лингводидактика: учебно-методическое пособие. – М.: Наука, 2009.
3. *Стрелковский Г.М.* Теория и практика военного перевода. Немецкий язык. – М.: Воениздат, 1979.
4. *King N. et al.* Campaign. English for the military. – Macmillan Publishers Limited, 2004.
5. *Taylor J., Zeter J.* Command and Control. – Express Publishing, 2011.

В.А. Сверзоленко;
А.О. Селиванов,
кандидат педагогических наук;
Д.А. Дубровин

К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЯХ НЕ РАДИ МЫШЕЧНОГО КОРСЕТА

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с основами физической активности человека, занимающегося по системе физической подготовки CrossFit.

Ключевые слова: CrossFit, двигательная активность, функциональность, интенсивность, разнообразие.

ВВЕДЕНИЕ

CrossFit – это система всесторонней физической подготовки человека.

Основателем CrossFit считается Грег Глассман (2000), который подчинил методологию системы всесторонней физической подготовки фундаментальным основам, составляющим функциональную тренировку организма для подготовки его к любой физической деятельности.

Информация, взятая из журналов CrossFit, имеет цель оказать помощь в организации тренировочного процесса в данном направлении.

CrossFit – не специализированная программа физической подготовки, но попытка оптимизировать физическую компетентность в каждом из десяти общепризнанных физических показателей. Это кардиоваскулярная работоспособность, выносливость, сила, гибкость, мощность, скорость, координация, ловкость, равновесие и точность. Программа CrossFit разрабатывалась для повышения компетентности людей в выполнении любых физических задач.

ПОДХОД, ПРИМЕНЯЕМЫЙ В ТРЕНИРОВОЧНЫХ ПРОГРАММАХ CROSSFIT

Люди тренируются для выполнения многократных, разнообразных физических испытаний. Подобная подготовленность необходима в таких сферах деятельности, как вооруженные силы и полиция, пожарная служба и спорт. Людям, работающим в этих областях, необходима полная физическая готовность. CrossFit, по утверждению разработчиков программ, эффективен в достижении этой цели. Тренировки проводятся с использованием гимнастических движений, от элементарных до продвинутых, что позволяет развивать замечательную способность управления телом, как в динамике, так и в статике, максимизируя соотношение силы к весу тела и гибкости. Значительное внимание уделяется тяжелой атлетике, поскольку она позволяет атлетам развивать взрывную мощность.

В систему CrossFit включается работа исключительно со сложными движениями в коротких высокоинтенсивных кардиоваскулярных сессиях. Разведения рук в сторону заменяются на жим штанги стоя, сгибания рук – на подтягивания, экстензии ног в тренажере – на приседания. Вместо одной длинной дистанции атлеты преодолевают пять-шесть более коротких. Почему? Потому что составные или функциональные движения и интенсивность, использующая анаэробные энергетические системы, намного эффективнее при достижении почти любого результата в контексте физической подготовленности. Поразительно, что это не просто мнение, а обоснованный научный факт, и все же старые системы и менее эффективные тренировки продолжают применяться почти повсеместно. Подход разработчиков CrossFit к

подготовке спортсменов согласуется с тем направлением, которое применяется в элитных тренировочных программах атлетических команд крупнейших университетов и спортивных организаций.

Множество профессиональных и элитных атлетов тренируются по программе CrossFit. Борцы, велосипедисты, серфингисты, лыжники, теннисисты, триатлонисты и другие, соревнующиеся на высших уровнях, используют подход CrossFit, чтобы продвинуться в развитии основной силы и общей физической подготовки, но это еще не все. Разработчики CrossFit проверили свои методы на ведущих сидячий образ жизни тучных и пожилых людях и выяснили, что и для этих социальных групп с гиподинамическим типом двигательной активности тренировки имели тот же самый положительный эффект, что и для атлетов.

Система CrossFit является программой силовой и общей физической подготовки в рамках двух аспектов. *Во-первых*, подготовленность, развиваемая в рамках CrossFit, является основой для любых других атлетических потребностей и задач. *Во-вторых*, это «ключевая» программа силовой и общей физической подготовки, в буквальном смысле исполняющая центральную роль при выполнении каких бы то ни было физических упражнений. Большая часть осуществляемой нами работы связана с нашей способностью к сгибанию и разгибанию таза и сгибанию, разгибанию и вращению торса, т. е. с развитием так называемого «ядра». Главенствующая роль функционального тренинга в этом плане обусловлена простым наблюдением, что мощное разгибание таза необходимо и критически важно для элитной спортивной работоспособности. Опыт показывает, что никто без способности к мощному разгибанию таза не добивается серьезных спортивных результатов и почти все, кто обладал этой способностью, были отличными атлетами. Бег, прыжки, удары кулаками и броски – все эти движения зарождаются в «ядре». В CrossFit развитие атлетов начинается с развития «ядра», что, кстати, относится и к способу использования мышц в функциональных движениях – от центра к конечностям.

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ МЕТОД CROSSFIT?

Метод CrossFit устанавливает иерархию мер и отношений, которые строятся следующим образом. *Питание* обеспечивает молекулярную основу подготовленности и здоровья.

Метаболические тренировки развивают работоспособность всех трех энергетических систем, включающих окислительную, гликолитическую и фосфагенную системы.

Гимнастика обеспечивает функциональную способность контроля над телом и развитие диапазона движения.

Тяжелая атлетика и метание предметов развивают способность контролировать внешние объекты и мощность.

Спорт обеспечивает возможность применения приобретенных функциональных навыков в соревновательной атмосфере с произвольными движениями и позволяет отрабатывать мастерство.

Упражнения в CrossFit:

- езда на велосипеде, бег, плавание и гребля в бесконечных вариациях;
- тяжелоатлетический толчок, рывок, приседания, становая тяга, жим штанги стоя, жим лежа и силовые взятия на грудь;
- прыжки, броски и ловля медицинского мяча (медицинбола);
- отжимания лежа, отжимания на кольцах и параллельных брусьях, отжимания в стойке на руках, выходы силой, подъемы корпуса;
- статические удержания.

Регулярно используются:

- велосипеды, беговые дорожки;
- гребные тренажеры и эргометры;

- кольца, параллельные брусья;
- маты для упражнений на гибкость;
- перекладины, шведская стенка;
- медицинские мячи и скакалки.

РЕЖИМЫ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Существуют *системы*, обеспечивающие энергией все виды человеческой деятельности. Почти все изменения, которые происходят благодаря тренировкам, связаны с требованиями, возлагаемыми на эти энергетические системы выработки энергии в человеческом организме. Более того, эффективность того или иного тренировочного режима оценивается его способностью обеспечивать адекватный стимул для изменений в рамках метаболических процессов.

При *аэробных тренировках* энергия получается путем окисления продуктов питания, то есть механизм получения энергии зависит от кислорода. Деятельность, при которой большая часть энергии получается аэробным способом, называется аэробной. Как правило, это деятельность, которая длится больше 90 секунд с низкой или средней интенсивностью. Примеры аэробных нагрузок включают бег в течение 20 минут, плавание на дистанцию в 1,6 км и др.

При *анаэробных тренировках* энергия вырабатывается без участия кислорода. Обычно эта деятельность длится менее двух минут при умеренной и высокой интенсивности. Существует два принципиально разных механизма выработки энергии при анаэробных тренировках: гликолитический и фосфагенный. Примеры анаэробной нагрузки – бег на 100 м, приседания, подтягивания.

Необходимо рассмотреть, как аэробные и анаэробные тренировки влияют на переменные физической производительности: силу, мощность, скорость и выносливость. Стоит заметить, что в любой деятельности *участвуют все системы* выработки энергии, при этом одна из них непременно доминирует в соответствии с построением тренировки. Взаимодействие этих систем может быть сложным, но даже простое сравнение характеристик аэробных и анаэробных нагрузок способно принести определенную пользу. В современной классификации тренировочных и соревновательных нагрузок выделяют *пять зон*, имеющих определенные физиологические границы и педагогические критерии, широко распространенные в практике тренировки.

Первая зона – аэробная восстановительная. Ближайший тренировочный эффект нагрузок этой зоны связан с повышением частоты сердечных сокращений (ЧСС) до 140–145 уд./мин. Потребление кислорода достигает 40–70 % от максимального потребления кислорода (МПК). Обеспечение энергией происходит за счет окисления жиров (50 % и более), мышечного гликогена и глюкозы крови. Работа обеспечивается полностью медленными мышечными волокнами (ММВ), которые обладают свойствами полной утилизации лактата, и поэтому он не накапливается в мышцах и крови. Верхней границей этой зоны является скорость (мощность) анаэробного порога (лактат 2 ммоль/л). Работа в этой зоне может выполняться от нескольких минут до нескольких часов. Она стимулирует восстановительные процессы, жировой обмен в организме, совершенствует аэробные способности (общую выносливость). Нагрузки, направленные на развитие гибкости и координации движений, выполняются в этой зоне. Методы, используемые при проведении упражнений, не регламентированы. Объем работы в течение макроцикла в этой зоне в разных видах спорта составляет от 20 до 30 %.

Вторая зона – аэробная развивающая. Ближайший тренировочный эффект от нагрузок в этой зоне связан с повышением ЧСС до 160–175 уд./мин. Потребление кислорода составляет 60–90 % от МПК. Обеспечение энергией происходит за счет окисления углеводов (мышеч-

ного гликогена и глюкозы) и в меньшей степени жиров. Работа обеспечивается медленными мышечными волокнами и быстрыми мышечными волокнами (БМВ) типа «а», которые включаются при выполнении нагрузок у верхней границы зоны – скорости (мощности) анаэробного порога. Соревновательная и тренировочная деятельность в этой зоне могут продолжаться несколько часов (марафонские дистанции, спортивные игры). Она стимулирует развитие специальной выносливости, требующей высоких аэробных способностей, силовой выносливости, а также обеспечивает работу по воспитанию координации и гибкости. Основные методы: непрерывные упражнения и интервальные экстенсивные упражнения. Объем работы в этой зоне в макроцикле в разных видах физических упражнений составляет от 40 до 80 %.

Третья зона – смешанная аэробно-анаэробная. Ближайший тренировочный эффект нагрузок в этой зоне связан с повышением ЧСС до 180–185 уд./мин, потребление кислорода 80–100 % от МПК. Обеспечение энергией происходит преимущественно за счет окисления углеводов (гликогена и глюкозы). Работа обеспечивается медленными и быстрыми мышечными единицами (волокнами). У верхней границы зоны – критической скорости (мощности), соответствующей МПК, подключаются быстрые мышечные волокна (единицы) типа «б», которые не способны окислять накапливающийся в результате работы лактат, что ведет к его быстрому повышению в мышцах и крови (до 8–10 ммоль/л). Этот процесс рефлекторно вызывает значительное увеличение легочной вентиляции и образование кислородного долга. Тренировочная деятельность в непрерывном режиме в этой зоне может продолжаться до 1,5–2 часов.

Такая работа стимулирует развитие специальной выносливости, обеспечиваемой как аэробными, так и анаэробно-гликолитическими способностями, силовой выносливости. Основные методы: непрерывные и интервальные экстенсивные упражнения. Объем работы в макроцикле в этой зоне в разных видах упражнений составляет от 5 до 35 %.

Четвертая зона – анаэробно-гликолитическая. Ближайший тренировочный эффект от нагрузок в этой зоне связан с повышением лактата в крови от 10 до 20 ммоль/л. ЧСС становится менее информативной и находится на уровне 180–200 уд./мин. Потребление кислорода постепенно снижается от 100 до 80 % от МПК. Обеспечение энергией происходит за счет углеводов (как с участием кислорода, так и анаэробным путем). Работа выполняется всеми тремя типами мышечных единиц, что ведет к значительному повышению легочной вентиляции и кислородного долга. Суммарная тренировочная деятельность в этой зоне не превышает 10–15 мин. Она стимулирует развитие специальной выносливости и особенно анаэробных гликолитических возможностей.

Тренировочная и соревновательная деятельность в этой зоне продолжается от 20 с до 6–10 мин. Основной метод: интервальные интенсивные упражнения. Объем работы в этой зоне в макроцикле в разных видах спорта составляет от 2 до 7 %.

Пятая зона – анаэробно-алактатная. Ближайший тренировочный эффект не связан с показателями ЧСС и лактата, так как работа кратковременная и не превышает 15–20 с в одном повторении. Поэтому лактат в крови, ЧСС и легочная вентиляция не успевают достигнуть высоких показателей. Потребление кислорода значительно падает. Верхней границей зоны является максимальная скорость (мощность) упражнения. Обеспечение энергией происходит анаэробным путем за счет использования аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) и креатинфосфата (КФ), после 10 с к энергообеспечению начинают подключаться гликолиз, и в мышцах накапливается лактат. Работа обеспечивается всеми типами мышечных единиц. Суммарная тренировочная деятельность в этой зоне не превышает 110–120 с за одно тренировочное занятие. Она стимулирует развитие скоростных, скоростно-силовых, максимально силовых способностей. Объем работы в макроцикле составляет в разных видах спорта от 1 до 5 %.

Классификация тренировочных нагрузок дает представление о режимах работы, в ко-

торых должны выполняться различные упражнения, используемые в тренировке, направленной на воспитание различных двигательных способностей. Следует отметить, что у юных спортсменов от 9 до 17 лет отдельные биологические показатели, например ЧСС, в различных зонах могут быть более высокими, а показатели лактата – более низкими. Чем моложе спортсмен, тем больше эти показатели расходятся с данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Классификация нагрузок и характеристика отдельных зон интенсивности

Зоны интенсивности	Преимущественное энергообеспечение (субстраты)	Соотношение аэробного и анаэробного энергообеспечения, %	Потребление кислорода, в % от МПК	Пограничная скорость передвижения или мощность работы	ЧСС во время работы	Концентрация лактата во время работы, ммоль/л	Вовлеченные мышечных волокон	Эффективное время работы
1. Аэробная восстановительная	Жиры (50% и более), гликоген, глюкоза крови	100:0	40-70	Аэробного порога	140+10	2–2,5	ММВ	Исходя из задач тренировки
2. Аэробная развивающая	Гликоген, жиры, глюкоза крови	95:5	60–90	Анаэробного порога	170+10	2,5–4 (до 4,5)	ММВ, БМВ _д	До 3–4 ч
3. Смешанная аэробно анаэробная – (а. б)*	Гликоген, жиры глюкоза	90:10	80–90	Соответственно МПК	180±10	4–6,5	ММВ, БМВ, ММВ', БМВ'	0,5–2 ч
		85:15	85–100			6,5–10		БМВ _б
4. Анаэробная гликолитическая	Гликоген	70:30 40:60 20:80	95-100 85-95 75-90	–	Свыше 180	8–15 10–18 14–20 (до 25)	ММВ, БМВ, БМВ _б	5–10 мин* 2–5 мин* до 2 мин*
5. Анаэробная алактатная	Креатинфосфат, АТФ, гликоген	5:95	Минимальное	Максимальная	Не информативна	Не информативна	ММВ, БМВ, БМВ _б	До 10–15* с

Тренировочные нагрузки определяются следующими показателями: а) характером упражнений; б) интенсивностью работы при их выполнении; в) объемом (продолжительностью) работы; г) продолжительностью и характером интервалов отдыха между отдельными упражнениями. Соотношения этих показателей в тренировочных нагрузках определяют величину и направленность их воздействия на организм спортсмена.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ШАБЛОН

Не существует идеального тренировочного шаблона! Главная ценность любого шаблона лежит в отказе от других программ. Идеал CrossFit, по мнению разработчиков программы, состоит в подготовке к любой непредвиденной ситуации. Очевидно, что достичь этого можно лишь при использовании максимально разнообразных, но никак не случайных тренировочных стимулов. Как раз в этом смысле CrossFit является ключевой программой силовой и общей физической подготовки. Все остальные тренировки являются специфичными для конкретного вида спорта и не характеризуются как «ключевая программа силовой и общей физической подготовки». Успех программ CrossFit в развитии физической работоспособности атлетов мирового уровня лежит в требовании от атлетов всеобщей физической компетентности. Ни один шаблон не позволит достичь этого.

МОЩНОСТЬ

Мощность в CrossFit определяется как «соотношение времени, затраченного на выполнение работы». Часто говорят, что в спорте главное – скорость. Однако бесспорным лидером является «мощность». Мощностью, если говорить коротко, – это «быстро и тяжело». Прыжки, удары, броски и спринты являются мерами мощности. Развитие способности вырабатывать мощность необходимо для элитного атлетизма. Кроме того, мощность определяется как интенсивность, которая, в свою очередь, положительно влияет почти на каждый аспект физической подготовки. Увеличение силы, производительности, мышечной массы, а также плотности костной ткани происходит прямо пропорционально повышению интенсивности тренировок. Мощностью является второй из всех составляющих систему CrossFit. Аспект развития мощности присутствует в каждом тренировочном комплексе (WOD).

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ТРЕНИРОВКИ

Перекрестные тренировки, как правило, используются для развития физических качеств, которые необходимы в различных видах спорта. В CrossFit значительно расширяется это понятие. Кросс-тренинг рассматривается в качестве средства, приносящего значительные результаты в избранном виде спорта или тренировках. Программа CrossFit использует в тренировках смешение в рамках функциональности, метаболических процессов выработки энергии и модальностей. Это значит, что в процессе тренировки приходится постоянно выходить за пределы какого-то определенного вида спорта или тренировочного режима, используя различные упражнения, задействуя зоны энергетических систем, специфичных для разных видов спорта.

Учитывая, что основной целью CrossFit является функциональное развитие организма для обеспечения максимальной компетентности и реализации адаптивного потенциала занимающегося, становится ясно, что кросс-тренинг, или тренировки вне обычных для представителя определенного вида спорта условий – необходимость. Тренерским составом CrossFit давно определена закономерность, что атлеты слабее всего в крайних точках почти всех измеримых показателей физической деятельности. Например, если вы проезжаете на велосипеде только от 5 до 7 миль на каждой тренировке, вы покажете значительно худшие результаты при езде как менее 5, так и более 7 миль. Это также относится к амплитуде движения, нагрузке, отдыху, интенсивности, мощности и т. д. Поэтому тренировки в CrossFit планируются таким образом, чтобы раздвигать границы адаптации занимающихся настолько, насколько позволяют физиологические резервы организма, обеспечивающие необходимую работоспособность. Существует определенная теоретическая структура развития атлета (рис. 1).



Рис. 1. Теоретическая структура развития атлета

Из рис. 1 видно, что теоретическая структура развития атлета начинается с питания и переходит к метаболическим тренировкам, гимнастике, работе с отягощениями и в конечном счете спорту. Эта иерархия по большей части отражает фундаментальную зависимость навыков от времени их развития. Если выразаться по-другому, развитие атлета происходит от молекулярных основ к тренированности сердечно-сосудистой системы, затем к контролю над телом, над внешними объектами и в итоге приводит к практическому применению приобретенных навыков и умений и доведению их до мастерства. Эта модель очень полезна при анализе слабых мест и трудностей атлета. Если у спортсмена возникают трудности на любом из уровней пирамиды, компоненты на уровнях, находящихся выше, также пострадают.

ИНТЕГРАЦИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Каждая тренировочная программа CrossFit содержит в своей структуре предпосылки для ограничения эффективности в развитии физических качеств. Если работать только с большими весами, но малым количеством повторений – не будет развиваться локальная силовая выносливость. Если выполняется работа только на большое количество повторений – не будет развиваться в должной мере та сила и мощь, которую можно было бы развить при использовании малого числа повторений. Есть как преимущества, так и недостатки в тренировках медленного и быстрого способов, с большим или малым весом, при использовании «кардио до» и «кардио после» и т. д. Поэтому предлагаемая программа подготовки заботится о том, чтобы каждый *параметр* из возможных был целенаправленно смоделирован для создания тренировочного стимула. Тело будет реагировать только на незнакомый стрессор, однообразие – враг прогресса и расширения диапазона физиологических резервов организма. Принцип CrossFit – не надо «зацикливаться» на большом или малом количестве повторений, длительном или коротком отдыхе – нужно бороться за разнообразие.

Существует бесконечное количество тренировочных программ, которые приносят результат. Тренерский состав CrossFit обнаружил, что график тренировок 3/1 позволяет тренироваться с наибольшей эффективностью при наибольшей интенсивности. Один из предлагаемых ими тренировочных циклов включает разминку, затем 3–5 подходов на 3–5 повторений фундаментальных упражнений с отягощениями в достаточно комфортном темпе с последующим десятиминутным кругом гимнастических элементов в свободном темпе и в конце от двух до десяти минут высокоинтенсивного тренинга. Примером также может послужить выполнение *пяти* приседаний с достаточно большим весом с последующими подтягиваниями на перекладине максимальное количество раз, повторяемое 3–5 раз.

Подобных комплексов можно создавать огромное количество в зависимости от поставленных задач, уровня физической подготовленности в том или ином виде спорта, возраста спортсмена и т. д.

Тренировки, которые наиболее эффективно оптимизируют физическое состояние организма, должны длиться от 45 минут до часа. Атлеты, которые тренируются по несколько часов в день, развивают навыки, несовместимые с элитными показателями силы и физической подготовки. Не следует тренироваться больше одного часа, потому что больше – не значит лучше.

Таким образом, программа CrossFit разработана и направлена на повышение способности людей к выполнению любых физических задач, многократных, разнообразных и внезапно возникших физических испытаний.

Список литературы

1. Диетическая революция доктора Аткинса. – США, 1972.
2. Гласман Г. CrossFit Inc // CrossFit. – 2004. – октябрь.
3. Гласман Г. Better Movements // CrossFit. – 2007. – октябрь.
4. Гласман Г. Productive Application of Force // CrossFit. – 2008. – январь.

Alexeev V.F., Kolesnikov D.D. The possibility of determination the normal heights as a result of satellite geodetic measurements // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 7–9.

The article contains a theoretical basis for the constructions of digital models heights quasigeoid to the local of district. Solution of the problem on the basis of the difference of the variance errors.

Key words: height of quasigeoid, normal height, geodetic height, spectrum of Fourier, dispersion.

Baluev S.J., Vatutin M.A. Pendular accelerometr, functioning in a periodic mode with the pulse-width modulator of the second sort // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 10–18.

In article approaches to research of periodic modes in systems of automatic control with the pulse-width modulator of the second sort in a circuit of a feedback are generalized. The mathematical model of movement of system is resulted, results of numerical integration are generalized by the example of functioning pendular accelerometr compensation type with the pulse-width modulator of the second sort in conditions of influence of indignations. Results of influence of indignations with various amplitude and frequency on a mistake of measurements pendular accelerometr CE-199 with are received. Recommendations on minimization of influence of indignations while in service accelerometers pendular type with the pulse-width modulator of the second sort are given.

Key words: Sensors, a periodic mode, an error of measurement of acceleration, accelerometer, pulse-width modulation, indignation.

Basotin E.V., Dzitoev A.M. Choice of parameters of the coolant system of shields of the cryogenic vacuum stand // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 19–25.

In a paper the basic problem questions of the initial stage of projection of the land stationary cryogenic vacuum stand for trial of optical electronic gears are considered. Recommendations of for choice demanded temperature level of refrigeration, type of the heat-carrier and a material of elements of the coolant system are made.

Key words: trial of optical electronic gears, the cryogenic vacuum stand, thermal condition, refrigeration, the coolant system.

Gilvanov P.R., Loskot A.I. Methodical support of system of radiation control of the Prism equipment // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 26–30.

The program of calculation of the absorbed doses of the loaded particles of a space is developed. Results of calculations were used for forecasting of the absorbed doses in the system of radiation control of the equipment of the Prism complex established on the Resident of Mozhaisk spacecraft. Indications of sensors of radiation control and calculations of the absorbed doses in the locations of the sensors, carried out in the program, showed satisfactory convergence of results, the error made no more than 30%.

Key words: ionizing the radiation, the loaded particles, the Monte-Carlo method, the absorbed dose, system of the automated design.

Dyakov A.N., Cherezov A.V. Evaluation life cycle cost weapons // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 31–33.

Describes the modern problem of creating new weapons. Denotes the problem of reducing the life cycle cost of armaments and possible solutions.

Key words: life cycle cost, maintenance costs, life stage.

Ershov D.S., Puzankov S.V., Harin V.N. Methods of estimation of the relative quality of functioning of metrological units // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 34–38.

The variant of the method of analysis of hierarchies in the fuzzy statement with regard to the selection of the best metrological units in a comparative analysis of similar units, as well as to the evaluation of changes in the quality of functioning of metrological units in a retrospective analysis of his work.

Key words: quality of operation, metrological assurance, metrology unit, the analytic hierarchy process, fuzzy evaluation.

Iskhakov S.S., Kovalev F.E., Mokhnatkin A.P. Physical interrelation between rigidity and bearing ability of construction designs at vibration diagnostics of the technical conditions of starting constructions // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 39–44.

Theoretical justification of physical adequacy of decrease in bearing ability of designs and the decrease in their rigidity identified by a method of vibration diagnostics is presented.

Key words: vibration diagnostics, the construction designs, bearing ability, rigidity.

Kalinin T.V., Laktyukhin O.A., Khrestinin D.V. Application of the adapted technique of maintenance of the processor of input-output of the multiprocessor computer system // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 45–49.

In article the technique of maintenance of the processor of input-output of the multiprocessor computer system, adapted under a real technical condition is estimated.

Key words: maintenance, availability quotient, computer system, coefficient of technical use.

Karagodin V.V., Gorin V.A. Mathematical model of parallelrunning generators, adapted by solving the optimization problem // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 50–54.

In connection with the implementation of parallel operation of generating units in ground-based power systems, the question of improving the automatic control systems and the development of optimal control laws running parallel to the generating units. Proposed rationale and method for developing a simplified mathematical model of parallel running generators to optimize the management, modeling and research switching transients static load.

Key words: mathematical description of a system operating in parallel synchronous generators, converting Goreva - Park.

Kozin P.A., Starchukov D.S., Shmakov R.B. Planning of compositions of high stress concretes with zole by additions for building of space-rocket complexes by methods of regressive analysis // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 55–67.

The features of technical exploitation of the special building of objects of space-rocket complexes are expounded. The features of device and exploitation of the deepened building, features of technical exploitation of building, built in extreme terms, are considered. Research and approbation of the offered positions are produced for the decision of task of accident-free exploitation of the special building of objects of space-rocket complexes.

Key words: technical exploitation, special building, space-rocket complexes.

Logunov S.V., Katukha R.V., Chistyakov S.V. The algorithm for generating the private photometric catalog of reference stars in the system of modern radiation receiver // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 68–74.

The algorithm of magnitudes transformation of astronomical catalogs made in different photometric systems to the response curve system of typical CCD matrix. The transformation equations examples are presented.

Key words: optical-electronic means, the space object, astronomical catalog, magnitude, the reference star, photometric system, CCD matrix.

Loskutov A. I., Dunikov A. S., Ryzhov I.A., Possibility of application bispectral analysis to find boundaries of binary symbols of group telemetry signal // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 75–80.

The article analyzes the causes of distortion and loss of telemetry data transmission baseband signal over the air. In order to ensure reliable and accurate transmission of the results of the telemetry is proposed to increase the noise immunity of the system symbol synchronization. To solve the problem by finding the boundaries of binary symbols of group telemetry signal applied bispectral analysis. The results of modeling the process of finding the boundaries of binary symbols of group telemetry signal using bispectral analysis.

Key words: instantaneous spectrum, bispectral analysis, group telemetry signal, symbol synchronization, loss of telemetry information.

Nekrasov I.N., Buyakov S.N., Gluhanov A.S. Method of formation of diagnostic test for determination of technical systems hvac facilities starting position // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 81–85.

Highest reliability requirements imposed on the operation of the ventilation systems and air-conditioning rooms and facilities second evacuation zone starting position, where the work of these systems depends on how successful completion of assigned tasks, and the life and health of personnel fighting crew launching space rocket. Proposed rationale and method of formation of a diagnostic test based on logic models to determine the technical condition of ventilation and air conditioning command posts.

Keywords: diagnosis, failure, logic model, the state table, ventilation and air-conditioning.

Peshekhonov N.E., Bulat V.A., Rybakov V.V. Method of selection of the rational power backups of objects for special forces aerospace defense // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 86–92.

The article discusses a possible approach to the rational choice of backup power supplies for special objects Forces VKO. The criteria for choosing the rational use of DES proposed generalized coefficient of performance (COP) and the generalized resource DES.

Key words: diesel generator, diesel generator set, specific fuel consumption, efficiency, resource, "specific energy saturation", the degree of degradation of the engine, multi-objective optimization, the performance indicator.

Privalov A.E., Kochanov I.A., Bugaichenko P.Y. The ontological approach to forming situation awareness during the management of the operation RKK // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 93–98.

This article examines the approach to forming situation awareness of a person who makes a decision about the management of the operation of space assets. A current situation is represented as context model based on ontology of the subject area. As a basis for developing ontology the classification of information on the grounds of a system model of the management of the operation is offered. Based on the proposed approach, the structure of decision support system for managing the operation has been developed. The use of this approach will reduce the uncertainty in decision-making caused by the abundance of redundant information.

Key words: situation awareness, management of the operation, space assets, ontology.

Salov P.N., Mandritsa D.P., Shmacov R.B. Motivation level to safety of the start complex of the rocket-carrier in condition neshtatnyh situation and emergency biast // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 99–102.

The Stated particularities of the provision to safety of the operating the start complex (SK) racket-cosmic complex. Determinations of the possible damage and critical damage are Given. For motivation

of the conditions of the damaging are entered notions «safe situation», «dangerous situation», «exceeding situation». The Chosened groups event and corresponding to him exceeding situation possible in process of the operation SK. The Presented algorithm of the origin and localization event.

Key words: start complexes, safety of the process of the operation, dangerous factors.

Surin D.V., Shevchuk A.M., Lunis I.V. Methodology to evaluate the survivability of a single command and measurement complex in the face of opposition conventional weapons the enemy // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 103–106.

The existing individual command-measuring systems (Okiku) being the objects of strategic importance, do not have any protection from the weapons of the enemy, that is, their survivability is close to zero. The article describes a method of protection against conventional weapons of the enemy and offered an original technique for determining the survivability of Okiku.

Key words: assessment of survivability, command-measuring complex system of complex anti-WTO.

Goncharov A.M., Galankin A.V., Chashchin S.V. System of indicators on the basis of the analysis of parametres of the network traffic for detection of the beginning of information-technical influences on elements of the computing system (network) of the Main test space centre // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky.– SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013.– Release 639. – P. 107–112.

Abstract: The set of indicators allowing on the basis of the analysis of parametres of the network traffic to identify the beginning of information-technical influence on knots and channels of a network of data transmission is offered.

Key words: an information package, an information shot, switching of packages, correlation, the network traffic, information-technical influence.

Skorohodov J.A., Kargin V.A. Technique of estimation of USA ballistic missiles flight tests results in the conditions of action Treaty on measures for the further reduction and limitation of strategic offensive arms // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 113–117.

The mechanism of the mutual control of strategic offensive arms between the Russian Federation and the USA on the basis of use of the telemetering information has undergone essential changes from the moment of the termination of action period «Treaty on reduction and limitation of strategic offensive arms». Signing in 2010 «Treaty on measures for the further reduction and limitation of strategic offensive arms» (Treaty about SOA-3) became development of contractual relations between the Russian Federation and the USA in the field of strategic offensive arms. Authors have carried out the analysis of application possibilities existing methodical and a software of estimation of USA ballistic missiles technical characteristics in the conditions of action Treaty about SOA-3 and offered directions of the further researches on the given subjects.

Key words: ballistic missiles of the USA, the control, flight tests, strategic offensive arms.

Aleshkin A.P., Myslivtsev T.O. Compensation of non-identical test signal propagation paths in the implementation of the duplex method of comparison scales remote synchronizers on the basis of a synthesis of the support function for ephemeris information // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639.– P. 118–123.

At realization duplex method comparison scales remote synchronizers proposed to use the support function to parry the dynamics and comfort prediction approximated processes.

The efficiency of the formation of the support function based on transition to approximating procedures of different values of the measured parameters with the restoration of their analogs based on the regular ephemeris information.

Key words: duplex method of comparison scales compensation of not identical signal path.

Dvoretzkiy E.M., Zamaliev F.F., Kozin E.V., Simonov U. N. Comparative analysis of creating a digital orthophotomap with using program complex Agisoft Photoscan and digital photogrammetric workstation PHOTOMOD // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P.124–128.

The article considers methods and comparative analysis of creating a digital orthophotomap by processing data of remote sensing of the Earth received by unmanned aerial vehicle with using digital photogrammetric workstation PHOTOMOD and software Agisoft Photoscan.

Key words: orthophotomap, topographic and geodetic information, digital photogrammetric station.

Izergin D.A. Using VLSI and FPGA during layout of collecting and processing of information // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 129–133.

The development of microprocessor technology has led to the widespread adoption of digital computing facilities in automation and control systems, the development of a large range of different RECs with embedded microprocessors, the emergence of local area networks and the creation of a qualitatively new element base. Developed a powerful 16 - and 32-bit microprocessors and a variety of single-chip microcomputer.

Key words: VLSI, FPGA, microprocessor technology, PSoC, information processing.

Legkov K.E., Ledyankin I.A. to the question of creation of the information processes of collecting and information storage about the armies in the automated systems managements of armies // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 134–137.

Expediency of use of new approach to the organization of information processes of collecting and storage of information on the armies (IPSV) locates in the automated control systems for armies (ACSA). The being of offered approach is that information from primary sources arrives without changes (is relayed) on hierarchy of management to final objects, and further at each level of management processing of arriving primary information is carried out in interests and with the specification necessary for the relevant instance.

Key words: information processes, control systems, primary information.

Legkov K.E., Mironov O.Y., Ledyankin I.A. The main directions of distribution of data in the multilegal network of data transmissionspecial purpose // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 138–141.

In development of information systems of a special purpose are even more often applied the telecommunication equipment with switching of packages. However, as practice shows, simple transfer of the equipment of communication in systems of the technological management (TM) can lead to violation of a production cycle. The reason of such situation – in distinction of requirements of approaches to service of blocks of these different types of services in multilegal telecommunication system (TKS) and the data transmission network (DTN) of TU is considered in the present article.

Key words: distribution of data, telecommunication system, data transmission network.

Makhovsky V.N., Tiustin M.M. The modern methods of the mobile terminals position measurement // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 142–145.

In the article the differences of the system architecture of the position measurements for GSM and UMTS networks are investigated. Current and modern methods of the position measurement analysis is carried out for GSM and UMTS networks.

Key words: GSM and UMTS networks, position measurements, mobile terminal.

Negodin D.V., Khashagulgov R.A.-M., Mikhilchenkov A.A. Analysis of the development of the means of detection and recognition the air opponent in radio engineering troops, problems and possible ways of their solution // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 146–152.

The problem of detection and identification of type of aircraft. The analysis of the current state of development of radar technology, as well as the possibility of solving the task of visual recognition of the class and type of aircraft are given.

Key words: control of airspace, aircraft, detection and identification, inverse trace, optical-electronic system.

Harchenko A.V., Topchyi P.N., Ryabiik S.A. Application of orthogonal transformations for jamming cancellation // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 153–162.

Principles of jamming cancellation by using of orthogonal transformations are considered. The method of selecting of discrete orthogonal transformation during cancellation of jamming given as the first order Markovian process is proposed. The results of simulation of narrow band jamming compensation process by using complex signals with direct spectrum spreading are shown.

Key words: discrete orthogonal transformation, jamming cancellation, jam correlation matrix, average absolute entropy.

Bagretsov S.A., Mischenko E.V. The system of selection of candidates and training in the system of military education, taking into account the distribution of available resources // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 163–169.

This article discusses the option of selection of candidates for appointment to the vacant posts of teachers and engineering staff, as well as their preparation (training) taking into account the resources available.

Key words: selection of experts, resource allocation training.

Bykova A.N. Foreign language teaching improvements on the modern educational basis // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 170–173.

The article considers the professional orientation of foreign language teaching at present in a military academy. It outlines the arguments and theories behind the communicative approach in language teaching, providing an overview of recent teaching methods.

Key words: communicative approach, communicative competence, foreign language teaching.

Gayduk A.A., Smirnov G.I., Miroshnichenko S.A. About the history training specialists operating funds ballistic missile defense // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 174–179.

Presented the results of processing of various documents allowing to trace the path of becoming a professional training for funds ballistic missile defense.

Key words: history, training, specialists, ballistic missile defense.

Gytorovich O.V., Konorev V.V. Humanitarization of Education as the imperative of our time (philosophical aspect // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 180–185.

The article deals with the problems of reforming the educational system. It has been a tendency of the last years, within which education is considered from an utilitarian point of view, the consequence of which is the alienation of man from a high sense of his activity. It points out the fact that the special role of humanitarian education is acting as custodian of moral truths.

Key words: reforming, liberal education, intellectual development, morality, culture.

Doronin A.P. Conceptually-methodological bases of construction the thesaurus // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 186–190.

Conceptually- methodological bases of construction the thesaurus are considered. The examples of the misuse of many authors a number of concepts and terms clearly show the need for justification of a scientific approach to the development branch dictionaries. Proposed the conceptually- methodological bases of construction the thesaurus applicable to any scientific problems and areas. Proposed in the article approach to the construction of thesaurus (branch dictionaries) can improve the quality of research in various fields of science and technology.

Key words: thesaurus, term, notion, definition, dictionary, hydrometeorological support, geophysical support, support of ecological safety.

Laushkin S.A. Regulatory issues release regulations in the Russian Federation // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 191–198.

Presents current issues of the publication of the various types of legal acts of the Russian Federation. We consider the timing, official and unofficial sources and the language of publication of the legal acts of the Russian Federation, as well as restrictive vultures used in their publication.

Key words: legal act, the publication of regulations, the release dates, sources of publication, language of publication.

Marusenko I.V., Yakushkina N.S. The forming of military professional speech competences in the process of military translation teaching // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 199–202.

The article is devoted to the forming of military professional speech competences in the process of military translation teaching. These competences are necessary for making oral and written military communication. The problems of the evolution of military translation teaching in our country are mentioned. Some results in the field of linguistics and teaching methods connected with the problem are described. The difficulties arising in the process of teaching and some ways of their overcoming are paid attention to. Special emphasis is placed on the use of new information technologies (IT) which make it possible to search for new teaching materials and use them for PowerPoint presentations when working with the Project Method.

Key words: military translation, forming of military professional speech competences, teaching methods, oral and written communication, new information technologies.

Sverzolenko V.A., Selivanov A.O., Dubrovin D.A. The question of physical exercise is not for the sake of the muscular // Proceedings of the Military Space academy named after A.F. Mozhaisky. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2013. – Release 639. – P. 203–210.

This article discusses the issues that characterize the framework physical activity through crossFit.

Keywords: CrossFit, functionality, intensity, variety.

Алексеев Виктор Федорович, профессор 73-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, доцент; тел.: 8(911) 217-03-39, e-mail: vfalex_vti@mail.ru

Алёшкин Андрей Петрович, профессор 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-31, e-mail: a_aleshkin@mail.ru

Багрецов Сергей Алексеевич, профессор 84-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 235-31-69.

Балуев Сергей Юрьевич, доцент 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197082, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(812) 347-99-27.

Басотин Евгений Викторович, начальник 15-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: (812) 347-97-16.

Бугайченко Павел Юрьевич, адъюнкт 23-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-97-20, e-mail: pavel240@rambler.ru

Булат Владимир Арнольдович, директор 23-го ГМПИ филиала 31 ГПИ СС (191167, Россия, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, 6), доктор технических наук, профессор.

Буяков Сергей Николаевич, преподаватель 43-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук.

Быкова Анна Николаевна, доцент кафедры иностранных языков Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат педагогических наук; тел.: 8(812)347-96-09.

Ватутин Михаил Алексеевич, доцент 23-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197082, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, доцент; тел.: 347-95-27.

Гайдук Александр Антонович, доцент 84-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат военных наук; тел.: 8(921) 409-63-92.

Галанкин Андрей Вячеславович, заместитель начальника 93-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(921) 316-55-83.

Гильванов Павел Ринатович, начальник 104-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, доцент; тел.: 8(812) 347-96-93, e-mail: gilvanov@bk.ru

Глуханов Александр Сергеевич, доцент 43-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат технических наук.

Гончаров Алексей Михайлович, старший преподаватель 93-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(911) 830-35-77.

Горин Вадим Александрович, адъюнкт 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13).

Гуторович Ольга Викторовна, доцент 107-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат философских наук; тел.: 8(911) 841-69-19, e-mail: olwikgut@yandex.ru

Дворецкий Евгений Михайлович, преподаватель 74-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, (197042, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пионерская, 20); тел.: 8 (812) 235-28-07.

Дзитоев Азамат Миронович, адъюнкт 15-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: (981) 186-71-60.

Доронин Александр Павлович, профессор 52-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-52, e-mail: doronin52@mail.ru

Дубровин Дмитрий Александрович, преподаватель кафедры физической подготовки Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(211)779-31-92.

Дуников Артем Сергеевич, адъюнкт 34-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-94-78, e-mail: artem.sever1@yandex.ru

Дьяков Алексей Николаевич, адъюнкт 103-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-97-35, e-mail: Dyakoval@yandex.ru

Ершов Денис Сергеевич, техник технической части в/ч 40278 (443016, Россия, Самара, ул. Лагерная, 18); тел.: 8(914) 782-98-77.

Замалиев Фаиль Фоатович, командир 784/2 учебной группы факультета топогеодезического обеспечения и картографии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197042, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пионерская, 20); тел.: 8 (812) 235-28-07.

Изергин Дмитрий Андреевич, младший научный сотрудник, бортовой оператор 461-й лаборатории военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(981) 686-40-67.

Исхаков Шавкат Шамильевич, доцент 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (921) 643-55-41, e-mail: ischakov@mail.ru

Калинин Тимур Валерьевич, доцент 81-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (981) 895-72-93, e-mail: timurkalinin@yandex.ru

Каргин Виктор Александрович, доцент 27-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-65.

Карагодин Владимир Викторович, профессор 44-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, профессор.

Катюха Роман Васильевич, преподаватель 83-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(921) 360-83-58.

Ковалев Фёдор Евгеньевич, старший преподаватель 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 028-09-69, e-mail: kovaleff81@mail.ru

Козин Евгений Вячеславович, начальник 74-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, (197042, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пионерская, 20); тел.: 8 (812) 235-28-07.

Козин Петр Александрович, профессор 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-45, e-mail: petrkozin@yandex.ru

Колесников Денис Дмитриевич, адъюнкт 73-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (951) 684-32-82.

Конорев Виктор Викторович, заведующий 107-й кафедрой Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат исторических наук, доцент; тел.: 8 (911) 100-41-03.

Кочанов Игорь Анатольевич, доцент 23-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-97-20, e-mail: ik16gm@gmail.com

Лактюхин Олег Александрович, профессор кафедры УПД Военно-учебного научного центра Сухопутных войск, филиал (390031, Россия, Рязань, пл. ген. Маргелова, 1), кандидат военных наук, профессор; тел.: 8-(903)-836-77-46.

Лаушкин Сергей Анатольевич, старший преподаватель 108-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 707-11-66, 8 (921) 305-59-53, e-mail: laushkin_s@mail.ru



Легков Константин Евгеньевич, заместитель начальника 92-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (911) 194-12-42.

Ледянкин Иван Александрович, преподаватель 92-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (904) 330-25-51.

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.

Лоскот Алексей Иванович, адъюнкт 104-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-96-93, e-mail: loskot@bk.ru

Лоскутов Андрей Иванович, начальник 34-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук; тел.: 8 (812) 347-94-78, e-mail: rujenz@mail.ru

Лунис Илья Валерьевич, начальник 411-й учебной лаборатории 41-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: (812) 347-95-41, e-mail: lunis82@mail.ru

Маковский Вячеслав Николаевич, докторант 55-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (921) 919-65-56.

Мандрица Дмитрий Петрович, доцент 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-45, e-mail: MANDRIZA@mail.ru

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 Олег Юрьевич, преподаватель академия ФСО России, (302034, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35); тел.: 8(953) 815-78-69, e-mail dunaev-ktn@yandex.ru

Мирошниченко Сергей Александрович, начальник 84-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат военных наук, доцент; тел.: 8(911) 097-69-95.

Михалченков Алексей Александрович, старший преподаватель 115-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); кандидат военных наук; тел.: 8(911)-196-87-46.

Мищенко Эдуард Владимирович, начальник отделения (практического обучения и оснащения учебно-материальной базы) учебно-методического отдела Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (911) 087-96-37.

Мохнаткин Алексей Петрович, начальник 421-й лаборатории 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (911) 940-45-36, e-mail: mohnatkin74@mail.ru

Мысливцев Тимофей Олегович, начальник 31-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 8 (812) 347-95-31, e-mail: tim33@list.ru

Негодин Дмитрий Валерьевич, преподаватель 115-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(931)-203-45-27.

Некрасов Игорь Николаевич, адъюнкт 43-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13).

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.

Привалов Александр Евгеньевич, старший преподаватель 23-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-97-20, e-mail: cerebrum203@gmail.com

Пузанков Сергей Владимирович, начальник 752-й учебной лаборатории Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(911) 099-15-61.

Рыбаков Вячеслав Вячеславович, начальник 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.

Рыжов Илья Александрович, инженер отделения 34-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-94-78.

Рябиик Степан Анатольевич, адъюнкт 32-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 235-95-32.

Салов Павел Николаевич, доцент 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-95-45.

Сверзolenко Владимир Александрович, преподаватель 117-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (951) 677-17-22.

Селиванов Артур Олегович, преподаватель 117-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат педагогических наук; тел.: 8 (931) 336-32-28.

Симонов Юрий Николаевич, преподаватель 73-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, (197042, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пионерская, 20); тел.: 8 (812) 235-28-07.

Скорыходов Ярослав Анатольевич, адъюнкт 27-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-95-65, *e-mail: yaroslavskor@gmail.com*

Смирнов Геннадий Иванович, начальник 81-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(911) 981-63-19.

Старчуков Дмитрий Сергеевич, преподаватель 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-45, *e-mail: starchukov@mail.ru*

Сурин Дмитрий Васильевич, профессор 41-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор; тел.: (812)347-95-41.

Топчий Павел Николаевич, старший преподаватель 32-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 235-95-32.

Тюстин Михаил Михайлович, старший инженер 551-й учебной лаборатории Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(911) 817-47-00.

Харин Виталий Николаевич, начальник 75-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(911) 219-25-32.

Харченко Александр Викторович, начальник 32-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 235-95-32.

Хашагульгов Руслан Абдул-Мажитович, доцент 115-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(911)-841-07-97.

Хрестинин Дмитрий Владимирович, преподаватель 81-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (981) 861-59-63, *e-mail: diiimaarik@mail.ru*

Чашин Сергей Васильевич, адъюнкт 91-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(981) 684-63-28, *e-mail: sonpo123@mail.ru*

Черезов Артем Витальевич, слушатель Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8 (812) 347-97-35, *e-mail: ChtrezovAV@yandex.ru*

Чистяков Сергей Владимирович, начальник 8-го факультета Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8(911) 097-24-89.

Шевчук Андрей Михайлович, начальник 41-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук, доцент; тел.: (812)347-95-41.

Шмаков Руслан Борисович, старший преподаватель 42-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), кандидат технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-457, e-mail: vs3580@yandex.ru

Якушкина Наталья Семеновна, доцент 113-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13); тел.: 8(812)347 96 09.

Авсюкевич Дмитрий Алексеевич, профессор кафедры энергоснабжения (объектов наземной космической инфраструктуры) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Алексеев Тимофей Владимирович, профессор кафедры социально-экономических дисциплин Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор исторических наук; тел.: 8 (812) 347-95-04.

Алёшкин Андрей Петрович, начальник кафедры передающих, антенно-фидерных устройств и средств СЕВ Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 235-95-31.

Алексеев Виктор Федорович, преподаватель кафедры высшей геодезии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, (197042, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пионерская, 20), доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 235-28-07.

Арсеньев Владимир Николаевич, профессор 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197082, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д.13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-99-27.

Багрецов Сергей Алексеевич, старший научный сотрудник 61-го отдела военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Важенин Сергей Александрович, профессор кафедры физической подготовки Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор педагогических наук, профессор.

Варющенко Сергей Борисович, профессор кафедры радиационной, химической и биологической защиты Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор военных наук, профессор.

Волков Валерий Федорович, профессор кафедры системного анализа и математического обеспечения автоматизированных систем управления (войсками) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор военных наук, профессор; тел.: 8 (951) 652-32-63.

Герасимов Александр Николаевич, доцент кафедры энергоснабжения (объектов наземной космической инфраструктуры) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Голик Алексей Михайлович, профессор кафедры средств контроля космического пространства Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Гончаревский Вилен Степанович, профессор кафедры технологий и средств технического обеспечения и эксплуатации АСУ (войсками) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 355-19-20.

Грудинин Игорь Владимирович, профессор кафедры оперативного искусства и тактики Войск ВКО Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), профессор, доктор военных наук; тел.: 8(812)347-96-01.

Гусев Николай Николаевич, старший преподаватель кафедры специальных сооружений ракетно-космических комплексов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-96-45, e-mail: gusev@rambler.ru

Деев Владимир Викторович, профессор кафедры технологий и средств комплексной обработки и передачи информации в АСУ (войсками) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук; тел.: 8(812) 347-95-65.

Еремеев Игорь Юрьевич, начальник кафедры технических средств комплексного контроля ракетно-космических объектов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Еремеев Михаил Алексеевич, начальник кафедры систем сбора и обработки информации Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Кириченко Дмитрий Валерьевич, начальник 4-го управления военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, старший научный сотрудник.

Козин Петр Александрович, профессор кафедры специальных сооружений ракетно-космических комплексов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-97-46.

Козлов Владимир Владимирович, профессор 14-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-95-14, e-mail: kozlov@yandex.ru

Козырев Гениадий Иванович, профессор кафедры телеметрических систем и комплексной обработки информации Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-94-78.

Косырев Сергей Викторович, профессор кафедры радиационной, химической и биологической защиты Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор военных наук, профессор.

Кузьмин Владимир Никифорович – профессор кафедры оперативного искусства и тактики Войск ВКО Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор военных наук, профессор; тел.: 8(812)347-95-01.

Лебедев Евгений Леонидович, начальник кафедры контроля качества и испытаний вооружения, военной и специальной техники Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 347-99-11, e-mail: zlebedev@yandex.ru

Лоскутов Андрей Иванович, начальник кафедры телеметрических систем и комплексной обработки информации Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, доцент; тел.: 8 (812) 235-95-34.

Лучко Сергей Викторович, профессор 25-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197082, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д.13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8(812) 347-99-27.

Мануйлов Юрий Сергеевич, профессор кафедры технологий и средств комплексной обработки и передачи информации в АСУ (войсками) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук; тел.: 8 (812) 347-95-65, *e-mail:kotmanof@rambler.ru*

Миронов Андрей Николаевич, профессор кафедры конструкции ракет-носителей (и ракетных двигателей) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук.

Мустафин Мурат Газизович, заведующий кафедрой инженерной геодезии Национального минерально-сырьевого университета «Горный» (199106, Санкт-Петербург, 21-я линия Васильевского Острова, 2.), доктор технических наук, профессор.

Огородников Владимир Петрович, профессор кафедры истории и философии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор философских наук, профессор.

Онуфрей Андрей Юрьевич, ведущий научный сотрудник 5-го управления военного института(научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, старший научный сотрудник.

Осипов Георгий Константинович, доцент кафедры картографии факультета топогеодезического обеспечения и картографии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор географических наук, профессор.

Паршуткин Андрей Викторович, профессор кафедры комплексов и средств информационной безопасности Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-94-64.

Петров Геннадий Дмитриевич, начальник кафедры организации эксплуатации и технического обеспечения вооружения, военной и специальной техники Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук.

Пророк Валерий Ярославович, профессор кафедры автоматизированных систем управления противоракетной обороны Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, доцент; тел.: 8(911) 161-00-95.

Садии Дмитрий Викторович, профессор 11-й кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Сайданов Виктор Олегович, профессор кафедры тепловых установок и двигателей внутреннего сгорания Военного института (инженерно-технического) Военной академии тыла и транспорта имени А.В. Хрулева (191123, Россия, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22), доктор технических наук, профессор.

Сеиьчииков Валентин Иванович, профессор кафедры систем жизнеобеспечения наземной космической инфраструктуры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-96-43, e-mail: svi9@rambler.ru

Филиппов Александр Анатольевич, старший научный сотрудник 47-го отдела военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор.

Цветков Кирилл Юрьевич, начальник кафедры сетей и систем связи космических комплексов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 347-94-35.

Щерба Александр Николаевич, профессор кафедры истории и философии Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор исторических наук, профессор.

Щёголев Валерий Александрович, профессор кафедры физической подготовки Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор педагогических наук, профессор.

Шишов Юрий Аркадьевич, ведущий научный сотрудник 55-го отдела военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197082, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13), доктор технических наук, профессор; тел.: 8 (812) 230-28-27.