Включён в Перечень ВАК

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 4 (12), 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:
П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:
В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор
А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:
Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
М.А. Горбачёв, д-р техн. наук
Н.С. Губонин, д-р техн. наук, профессор
А.И. Даниленко, д-р техн. наук
М.В. Жестев, канд. техн. наук
Г.В. Зайцев, д-р техн. наук
А.Б. Игнатьев, д-р техн. наук, профессор
В.А. Кашин, д-р техн. наук, профессор
С.К. Колганов, д-р техн. наук, профессор
В.И. Колесниченко, д-р техн. наук, профессор
Ю.Н. Кофанов, д-р техн. наук, профессор
В.В. Морозов, д-р техн. наук
В.С. Оконешников, д-р техн. наук
А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор
Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор
С.П. Соколов, д-р техн. наук
П.И. Стариковский, д-р техн. наук
А.Ф. Страхов, д-р техн. наук, профессор
Е.М. Сухарев, д-р техн. наук, профессор
А.А. Трухачев, д-р техн. наук
Ю.Г. Шатраков, д-р техн. наук, профессор
Н.С. Щербаков, д-р техн. наук, профессор

Технический редактор: Н.С. Умникова
Корректор: А.Н. Борзова
Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22 доб. 70-19, 16-00
E-mail: aspirantura@gskb.ru

Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО

С.А. Бугаев, С.В. Донской, Д.В. Чирик, И.И. Щитов
Реализация методов обеспечения отказоустойчивости бортового многопроцессорного вычислительного комплекса 6

Б.В. Соколов, В.А. Палицын
Алгоритмы управления комплексами измерительных средств 9

Применение сил и средств ВКО

А.К. Красников, Е.С. Новиков, Н.С. Щербаков
Предсказательное моделирование систем противовоздушной обороны 17

А.М. Лаврентьев, В.В. Мурзак
Требования к системе зондирующих сигналов, для обеспечения скрытной работы радиолокационных средств зенитных ракетных комплексов 25

С.Н. Никифоров, Ю.Н. Маринцев, М.Г. Корягин
Метод селекции автономной ложной воздушной цели на основе фазовых соотношений эхо-сигнала при зондировании широкополосными радиоимпульсами 30

Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ

В.А. Балагуровский, А.С. Кондратьев, А.О. Маничев, Н.П. Полищук
Фазовый синтез диаграммы направленности фазированной антенной решётки измерителя координат 35

С.В. Кирюхин
Метод обеспечения совместимости физических интерфейсов аппаратно-программных встраиваемых средств в заказных автоматизированных системах на ранних этапах проектирования 42

А.Н. Клейменов, Я.И. Малашко, Я.А. Субботовская
Анализ влияния апертурных потерь лазерного излучения на силу излучения 47

С.К. Колганов, Э.Г. Лазаревич, В.А. Кижапкин
Основные положения концепции обеспечения эксплуатации, модернизации и продления жизненного цикла образцов вооружения, военной и специальной техники 53

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ПАО «НПО «Алмаз», 2016 г.
№ 4(12). С. 1–132

Подписано в печать 7.12.2016 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 96896

Отпечатано в ООО «Издательство Юлис»
392010, г. Тамбов, ул. Монтажников, д. 9

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-63487

Учредитель: Публичное акционерное общество
«Научно-производственное объединение
«Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»

125190, г. Москва,
Ленинградский проспект, дом 80, корп. 16.
Тел./факс (499)940-02-22/(499)940-09-99

Статьи рецензируются.

Незаконное тиражирование и перевод статей,
включенных в журнал, в электронном
и любом другом виде запрещено и карается
административной и уголовной
ответственностью по закону РФ
«Об авторском праве и смежных правах»

© ПАО «НПО «Алмаз», 2016

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС: 70576
в каталоге агентства
«РОСПЕЧАТЬ»:
ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ**

Ю.Н. Кофанов, С.Ю. Сотникова
Алгоритм диагностирования печатных узлов электронных средств с применением моделирования механических процессов 64

А.А. Манукьян
Принципы формирования частотно-временных последовательностей импульсов на основе свойств простых числовых полей Галуа GF(p) и их некогерентной обработки для построения радиоизображений объектов 70

Е.Н. Хмельницкий, А.А. Золотухин, А.В. Кузьмичева, В.Г. Лисовский
Механические цепи в расчётах динамики и прочности РЭА 88

Н.В. Шнурков, А.В. Ракитин, И.Б. Аверин, А.Д. Елисеев, С.М. Лабекин, Б.А. Пронякин
Автоматизированный контроль функционирования систем обеспечения теплового режима РЛС 94

В.К. Шнырёв, В.А. Каширин, А.О. Гапотченко
Аналитическая модель для расчётов задержек передачи сообщений в тракте сложной технической системы 101

Прикладные задачи применения информационных технологий

И.И. Ковтун, А.В. Цаплин
Функционально-реляционное проектирование автоматизированных систем управления 110

Н.С. Трушина, Т.А. Лисюткина
Применение методов проектного управления при выполнении ОКР на предприятиях ОПК 118

Аналитические исследования зарубежного опыта

А.Е. Свистунов, Н.А. Малеева, О.С. Черкашина
Разработка ВМС США ракеты-перехватчика SM-6, способной осуществлять перехват аэродинамических, баллистических и надводных целей 125

Научные рецензии и отзывы 131

CONTENTS

Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

S.A. Bugaev, S.V. Donskoy, D.V. Chirik, I.I. Stchitov
Fault tolerance ensuring methods implementation of onboard ensemble machine 9

B.V. Sokolov, V.A. Palitcin
Instrumentation complexes control algorithms 6

Aerospace defense systems and components application

A.K. Krasnikov, E.S. Novikov, N.S. Scherbakov
Air defense systems predictive modeling 17

A.M. Lavrentiev, M.M. Murzak
Requirements to sounding signals system for covert operation ensuring of air defense complexes radar AIDS 25

S.N. Nikiforov, U.N. Marintcev, M.G. Koryagin
Autonomous decoy aerial target discrimination method based on returned signals phase relationship at wide-band radio pulse sounding 30

Design-engineering and technological research works

V.A. Balagurovskiy, A.S. Kondratiev, A.O. Manichev, N.P. Polishchuk
Phase-only synthesis of the direction pattern of the phased array antenna of a coordinate meter 35

S.V. Kiryuhin
Physical interfaces compatibility method of built-in hardware-software tools in custom-designed automated systems at early design phase 42

A.N. Kleymenov, Y.I. Malashko, Y.A. Subbotovskaya
Laser radiation aperture loss influence analysis on radiant intensity 47

S.K. Kolganov, E.G. Lazarevich, V.A. Kizhapkin
Conception principal provisions of support, maintanance, upgrading and life-cycle extansion of armament, military and special equipment 53

Y.N. Kofanov, S.Y. Sotnikova
Printed-circuit assemblies diagnosis algorithm of electronics using mechanical process modeling 64

A.A. Manukyan
Time-and-frequency pulse sequence shaping principles based on Galois prime number fields GF(p) and its non-coherent processing for construction of objects radioimages 70

E.N. Hmelnicskiy, A.A. Zolotuhin, A.V. Kuzmicheva, V.G. Lisovskiy
Mechanical chains in dynamic and strength analysis of electronic equipment 88

N.V. Shnurkov, A.V. Rakitin, I.B. Averin, A.D. Eliseev, S.M. Labekin, B.A. Pronyakin
Automatic functioning checkout of radar thermal control systems 94

V.K. Shnirev, V.A. Kashirin, A.O. Gapotchenko
Analytical model for messages transmission delays calculation data path of complex technical system 101

IT applied application tasks

I.I. Kovtun, A.V. Tsaplin
The Functional Relational Technique for information systems development.....110

N.S. Trushina, T.A. Lisyutkina
Application of project management methods during research and development works at military-industrial complex enterprises 118

Foreign experience analytic research

A.E. Svistunov, N.A. Maleeva, O.S. Cherkashina
US Navy development of SM-6 interceptor capable to engage aerodynamic, ballistic and surface targets.....125

Scientific reviews and reference.....132

Полный список опубликованных номеров журнала Вы можете увидеть на сайте http://www.raspletin.com/nots

Журнал «**Вестник воздушно-космической обороны**» включён в сформированный Министерством образования и науки Российской Федерации перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (письмо Минобрнауки России от 01.12.2015 года № 13-6518. URL: http://www.vak.ed.gov.ru/87.html).

Уважаемые читатели и авторы журнала!

Примите самые добрые и искренние поздравления с Новым годом от лица учредителя журнала «Вестник воздушно-космической обороны» – Публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»!

На протяжении всех лет своего существования наш журнал выполняет важную и нужную миссию – обеспечение должного уровня научной коммуникации среди специалистов оборонной отрасли, Вооруженных Сил, организаций Российской академии наук и ведущих вузов в области реализации военно-технической политики государства. Публикации журнала отличают высокая компетентность и новизна в освещении военно-теоретических, научно-технических и конструкторско-технологических вопросов.

Работникам, осуществляющим выпуск издания, удается избегать односторонности суждений при публикации сложных теоретических и практических вопросов.

Предстоящий год не обещает быть простым для всех нас. Но в то же время решение возникающих сложных задач ведет к появлению новых идей и оригинальных подходов, направленных на их разрешение.

Уважаемые друзья!

С приходящим Новым годом связаны самые позитивные ожидания и надежды на исполнение задуманного.

Так пусть в Новом году получит дальнейшее развитие наше плодотворное сотрудничество, пусть будет больше интересных публикаций, сочетающих вдумчивость научного поиска с практической полезностью и востребованностью у читателей.

С уважением,

генеральный директор
Публичного акционерного общества
«Научно-производственное объединение «Алмаз»
имени академика А.А.Расплетина»
доктор технических наук, профессор
Г.П. Бендерский

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 681.324

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВОГО МНОГОПРОЦЕССОРНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

© Авторы, 2016

С.А. Бугаев
зам. директора, НКБ цифровой обработки сигналов ЮФУ, г. Таганрог
E-mail: dsp@sfedu.ru
С.В. Донской
начальник лаборатории, НКБ цифровой обработки сигналов ЮФУ, г. Таганрог
E-mail: dsp@sfedu.ru
Д.В. Чирик
главный специалист, НКБ цифровой обработки сигналов ЮФУ, г. Таганрог
E-mail: dsp@sfedu.ru
И.И. Щитов
программист I категории, НКБ цифровой обработки сигналов ЮФУ, г. Таганрог
E-mail: dsp@sfedu.ru

В статье рассматриваются вопросы разработки ПО для обеспечения надёжности функционирования бортового многопроцессорного вычислительного комплекса, в котором решаются задачи централизованного управления исполнительными механизмами. Вычислительный комплекс состоит из двух специализированных ЭВМ (СЦВМ), одна из которых является основной, другая – резервной. Способ резервирования – нагруженный (горячий) резерв. Функции арбитража возложены на периферийный микроконтроллер, анализирующий состояния каждой СЦВМ и принимающий решение о вводе резерва при соответствующих условиях. Дан анализ и обоснование выбора критериев работоспособности СЦВМ, предложен формат протокола информационного взаимодействия между СЦВМ и арбитром (микроконтроллером).

***Ключевые слова**: вычислительный комплекс, вычислительный процесс, программное обеспечение, резервирование, горячий резерв.*

The article states the software development issues for operational reliability ensuring of onboard ensemble machine (multiprocessor computing complex) which performs the centralized control of actuating mechanisms. The computing complex consists of two specialized computers (SDC), the main and the reserve one. The back-up technique – the loaded (hot) reserve. The arbitrage functions are on peripheral microcontroller which analyzes the condition of each SDC and makes a decision on reserve enabling in corresponding conditions. The analysis and criterion selection validation of the SDC operability are performed, the format of information interoperability protocol between the SDC and the arbitrator (microcontroller) is proposed.

***Keywords:** computing complex, computation process, software, back-up, warm standby.*

При создании авиационной техники одной из актуальных на сегодняшний день проблем является увеличение бесперебойной работы электронной аппаратуры.

В статье ставится задача обеспечения надежности функционирования бортового многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) при решении задачи централизованного управления исполнительными механизмами, особое внимание уделено особенностям разработки программного обеспечения (ПО).

Описана характерная особенность совместного использования в МВК двух специализированных ЭВМ (СЦВМ), одна из которых является основной, другая – резервной. Способ резервирования – нагруженный (горячий) резерв. Функции арбитража возложены на периферийный микроконтроллер, анализирующий состояния каждой СЦВМ и принимающий решение о вводе резерва при соответствующих условиях.

Дано обоснование выбора критериев работоспособности СЦВМ, предложен формат протокола информационного взаимодействия между СЦВМ и арбитром (микроконтроллером). Приведено описание математической модели функционирования резервируемого комплекса, позволяющей оценить степень его отказоустойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Черчесов Г.Н.** Надёжность аппаратно-программных комплексов. – СПб.: Питер, 2005. – 481 с.
2. **Денисенко В.В.** Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая-линия-Телеком, 2009. – 608 с.
3. ГОСТ Р МЭК 61508-3-2012 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 91 с.
4. **Гобчанский О.** Унифицированные средства бортовых вычислительных комплексов космических аппаратов // СТА. – 1998, № 1. – С.72–76.

FAULT TOLERANCE ENSURING METHODS IMPLEMENTATION OF ONBOARD ENSEMBLE MACHINE

S.A. Bugaev, S.V. Donskoy, D.V. Chirik, I.I. Stchitov

One of the pending problems nowadays during the aviation equipment development is an increasing of electronic equipment smooth operation. The article defines a problem for assurance of functioning reliability of onboard multiprocessor computing complex (MCC) at problem solution of centralized control of actuating mechanisms, the special focus is paid on the software (SW) development features. The special feature of shared use in the MCC of two specialized computers (SDC), the main and the reserve one. The back-up technique – the loaded (hot) reserve. The arbitrage functions are on peripheral microcontroller which analyzes the condition of each SDC and makes a decision on reserve enabling in corresponding conditions.The criterion selection validation of the SDC operability is performed, the format of information interoperability protocol between the SDC and the arbitrator (microcontroller) is proposed. The description of mathematical model functioning of reserved complex is given permitting to determine the level of its fault tolerance.

Поступила 11 августа 2016 года.

УДК 519.8

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСАМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

© Авторы, 2016

Б.В. Соколов *доктор технических наук, профессор,*
зам. директора по научной работе, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
E-mail: sokol@iias.spb.su
В.А. Палицын
СПб ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: vlad_palitzin@mail.ru

В статье предложено полимодельное описание функционирования наземного комплекса управления (НКУ) орбитальной системой (ОрС) космических аппаратов (КА), в основу которого положена динамическая интерпретация соответствующих процессов. Данный подход открывает широкие перспективы использования достижений современной теории управления для решения прикладных задач теории расписаний, при исследовании которых указанная теория ранее не применялась. Традиционно задачи данного класса (задачи теории расписаний) решаются с использованием методов математического программирования. Однако в случае большой размерности задач планирования приходится отказываться от точных методов оптимизации решений и прибегать к эвристическим приёмам. В статье предлагается оригинальный подход к решению задач теории расписаний большой размерности, основанный на использовании моделей и методов теории оптимального управления.

***Ключевые слова**: динамические модели, комплексное планирование измерительно-вычислительных операций, наземные технические средства, космические аппараты, полимодельное описание, теория расписаний, теория оптимальное управление.*

The article proposes the polymodel functioning description of ground-based orbital system (OS) space vehicles (SV) control complex, basing on a dynamic interpretation of corresponding processes. This approach gives broad prospects for the use of the present-day control theory achievements in order to solve applied problems of scheduling theory, where the abovementioned theory has not previously been applied during its study. Traditionally, the problems of such category (scheduling theory problems) are solved using mathematical programming methods. However, in case of large dimension of planning problems it's necessary to abandon the precise solutions optimization methods and to turn to heuristic techniques. The article proposes an original approach to problems solution of large dimension scheduling theory based on models and methods use of optimal control theory.

***Keywords:** dynamic models, integrated planning of measuring and computing operations, ground-based technical aids, space vehicles, polymodel description, theory of scheduling, optimal control theory.*

В статье рассмотрена проблема автоматизации процессов планирования измерительно-вычислительных операций наземного комплекса управления орбитальной системой космических аппаратов. Произведен анализ классов задач планирования, рассмотрены основные подходы к решению задач планирования. Предложен подход, основанный на динамической интерпретации процессов управления космическими средствами, позволяющий реализовать концепцию системного планирования. Выявлены требования к обобщённой технологии оперативного планирования работы наземного комплекса управления. Приведены содержательная и формальная постановка задачи комплексного планирования. В числе результатов решения задачи приведено описание общей модели функционирования наземного комплекса управления, предложен метод решения задачи формирования расписания работы наземного комплекса управления и приведено описание одной из последних версий программной реализации данного метода. В заключении описаны результаты исследования свойств и характеристик разработанных моделей и алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Акофф Р.** Планирование в больших экономических системах. – М.: Советское радио, 1972.
2. **Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М.** Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984.

3. **Танаев В.С., Сотсков Ю.Н., Струсевич В.А.** Теория расписаний. Многостадийные системы. – М.: Наука, 1989.
4. **Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е.** Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ / под. ред. Г.С. Поспелова. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985.
5. **Танаев В.С., Ковалев М.Я., Шафранский Я.М.** Теория расписаний. Групповые технологии. – Минск: «ИТК НАН Беларуси», 1998.
6. **Ковалев М.Я.** Модели и методы календарного планирования. Курс лекций. – Минск: БГУ, 2007.
7. **Васильев С.Н.** От классических задач регулирования к интеллектному управлению // Теория и системы управления. – 2001, №1, № 2. – С.5–22, С.5–21.
8. **Городецкий В.И.** Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта. – 1996, №4. – С.44–59.
9. **Калинин В.Н.** Теоретические основы управления активными подвижными объектами. – МО СССР, 1974. – 130 с.
10. **Калинин В.Н., Соколов Б.В.** Многомодельный подход к описанию процессов управления космическими средствами // Теория и системы управления. – 1995, №1. – С.56–61.
11. **Калинин В.Н., Резников Б.А.** Теория систем и управления (структурно-математический подход). – Л.: ВИКИ, 1987.
12. **Калинин В.Н., Соколов Б.В.** Динамическая модель и алгоритм оптимального планирования комплекса работ с запретами на прерывание // Автоматика и телемеханика. – 1987, №1. – С.106–114.
13. **Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных объектов. – М.: Наука, 2006. – 410 с.
14. ***Ivanov D.A., Sokolov B.V.*** *Adaptive supply chain management. Springer. – New York: Wiley&Sons*, 2010.
15. ***Ivanov D., Sokolov B.*** *Dynamic supply chain scheduling // Journal of Scheduling*. – 2012, 15(2). – P.201–216.
16. ***Ivanov D., Sokolov B.*** *Structure dynamics control approach to supply chain planning and adaptation // International Journal of Production Research*. – 2012. 50(21). – P.6133–6149.
17. **Соколов Б.В., Палицын В.А.** Математическая модель планирования перемещений подвижных объектов в локальной акватории // Информатизация и связь. – 2014, №4. – С.108–115.
18. **Соколов Б.В., Назаров Д.И., Малышева И.В., Палицын В.А.** Алгоритмы оценивания пропускной способности информационной системы мониторинга движения объектов в локальной акватории. Информатизация и связь. – 2015, №4. – С.43–49.

INSTRUMENTATION COMPLEXES CONTROL ALGORITHMS

B.V. Sokolov, V.A. Palitcin

The article examines the planning process automation problem of measuring and computing operations of ground-based orbital system space vehicles control complex. The analysis of planning problems classes are considered, the basic approaches to solving of planning problems are examined. An approach based on the dynamic interpretation of space systems control processes, allowing implementing the concept of system planning is proposed. The requirements to generalized technology for operational planning of ground control complex operation were identified. The description and formal problem statement of complex planning is stated. Among the problem solutions results the description of the general functioning model of ground control complex is mentioned, the problem solving method of operation scheduling forming of the ground control complex is proposed and the one of the latest versions of the software implementation of the method is described. Finally, the study results of developed models and algorithms properties and characteristics were described.

Поступила 26 июля 2016 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 623.8/9:519.6

ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

© Авторы, 2016

А.К. Красников *доктор технических наук, профессор,*
зам. руководителя научно-методического центра подготовки и переподготовки кадров,
АО «Концерн «Моринформсистема-Агат», г. Москва
E-mail: cnti@concern-agat.ru
Е.С. Новиков *доктор технических наук, профессор,*
главный конструктор направления – руководитель научно-методического центра
подготовки и переподготовки кадров, АО «Концерн «Моринформсистема-Агат», г. Москва
Н.С. Щербаков *доктор технических наук, профессор,*
научный руководитель аспирантуры, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В работе предложены математические модели и алгоритмы анализа эффективности функционирования системы противовоздушной обороны (ПВО) при отражении атак средств воздушного нападения (СВН). На конкретных примерах демонстрируется методика применения указанных моделей. Разработана методика, система критериев и показателей, алгоритмы для оценки эффективности функционирования получающихся моделей «деградирующих» систем массового обслуживания. Приведены примеры и результаты исследований для различных тактических эпизодов. Результаты работы могут представлять научный и практический интерес для специалистов, занимающихся разработкой систем специального назначения в различных предметных областях с использованием современных методов исследования операций.

***Ключевые слова**: система массового обслуживания, противоракетная оборона, зенитные ракетные комплексы, зенитные управляемые ракеты, поток заявок.*

The article proposes the mathematical models and performance efficiency analysis algorithms of the air defense system (ADS) at repelling an attack of an air assault weapons (AAW). The implementation technique of specified models at specific examples is demonstrated. The technique set of criteria and metrics, algorithms for functioning efficiency analysis of «degraded» queueing systems resulting models were developed. The analysis results and examples for different tactical scenes were performed. The progress made can be of science and practical interest for specialists involved in special-purpose system development in different subject areas using the activity analysis up-to-date metho.

***Keywords:** queueing systems, missile defense, air defense complexes, surface-to-air missiles, requests flow.*

В статье рассмотрена эшелонированная модель противовоздушной обороны (ПВО) кораблей ВМФ при отражении воздушных атак средств воздушного нападения противника. В основе модели положена многоканальная система массового обслуживания с деградацией от дальнего рубежа к ближнему с ограниченной «длинной очереди», с «взаимопомощью между каналами», с «нетерпеливыми заявками», с «обслуживанием с ошибками».

Предложены алгоритмы анализа эффективности функционирования системы ПВО и приведены результаты моделирования некоторых тактических гипотетических эпизодов. Вероятностные характеристики моделей иллюстрируются графиками зависимостей состояния систе-

мы массового обслуживания от интенсивности налёта, от числа обслуженных, но не уничтоженных целей.

Предложенная методика предсказательного моделирования позволяет оценивать качество принимаемых технических и оперативных решений, что необходимо для тренировки и обучения операторам средств ПВО.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вентцель Е.С.** Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
2. **Дьяконов В.П.** *Mathcad* 11/12/13 в математике. Справочник. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 985 с.
3. **Красников А.К., Новиков Е.С., Щербаков Н.С.** Системы поддержки принятия решений как средство инновационного развития научных исследований и образования. // Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития политического образования и военной науки в ВМФ». – Спб.: ВМПИ, 2013.
4. **Красников А.К., Новиков Е.С., Щербаков Н.С.** Анализ и управление рисками в корабельной системе специального назначения. // Сборник тезисов докладов Всероссийской НТК XVI Макеевские чтения. «Интегрированные многофункциональные системы управления для ВМФ». – М.: ОАО «Концерн «Моринформсистема – Агат», 2010.
5. **Красников А.К., Новиков Е.С., Щербаков Н.С.** Система поддержки принятия решений при организации противовоздушной обороны корабельного соединения // Журнал «Вестник Воздушно-космической обороны». – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», Выпуск 2(2), 2014. – С.77–81.
6. **Рогозин Д.О., Шеремет И.А., Гарбук С.В., Губинский А.М.** Высокие технологии в США: Опыт министерства обороны и других ведомств. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – 384 с.

AIR DEFENSE SYSTEMS PREDICTIVE MODELING

A.K. Krasnikov, E.S. Novikov, N.S. Scherbakov

The article considers the layered model of the Navy ships air defense (AD) at repelling of air attacks of the enemy air assault weapons. The model is based on multichannel queueing system with degradation from maximum to minimum line with limited «queue length», with «mutual assistance» between channels, with «impatient requests», with «queueing with errors».

The performance efficiency analysis algorithms of the air defense system were proposed, the modeling results of some tactical hypothetical scenes were presented. The models probabilistic characteristics are illustrated with system condition dependence diagram of the queueing system from flight hours intensity, from queued but not destructed targets.

The proposed predictive modeling technique permits to determine the quality of technical and operating decision made that is necessary for AD operators training and exercise.

Поступила 15 сентября 2016 года.

УДК 621.396.967

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ, ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКРЫТНОЙ РАБОТЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

© Авторы, 2016

А.М. Лаврентьев *кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры РТС, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль*
В.В. Мурзак
адъюнкт кафедры РТС, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль
E-mail: murzak_lian@mail.ru

Рассмотрены вопросы выбора вида и параметров зондирующих сигналов. На основе модели взаимодействия приёмника радиолокационной станции зенитных ракетных комплексов и приёмника радиотехнической разведки противника воздушного базирования предложена оценка скрытной работы обзорной РЛС, а также установлен момент потери информационного превосходства каждой из сторон. Предложен вариант построения системы зондирующих сигналов радиолокационных средств зенитных ракетных комплексов. Сформулированы предложения по применению ЗС радиолокационными средствами ЗРК для обеспечения их скрытной работы.

***Ключевые слова**: зондирующий сигнал, широкополосный сигнал, сверхкороткоимпульсный сигнал, скрытность, информационный конфликт, приёмник радиотехнической разведки.*

The type and parameters selection issues of sounding signals are considered. Based on the air defense complexes radar receiver interaction model and the enemy airborne radio intelligence receiver the estimation of covert operation of surveillance radar is proposed, and each information superiority loss moment was determined. The design version of sounding signals system of air defense complexes radars was performed. The proposals on sounding signals implementation by the air defense complex radar aids in order to provide its covert operation were formulated.

***Keywords**: sounding signal, wideband signal, ultrashort-pulse signal, covertness, information conflict, radio intelligence receiver.*

Одним из ключевых принципиально значимых элементов современных наступательных и оборонительных воздушно-наземных операций является борьба в информационной сфере участвующих в военном конфликте сторон. Большинство средств воздушного нападения оснащены автоматическими комплексами радиоэлектронной борьбы, способными в режиме реального времени оценивать текущую радиоэлектронную обстановку, степень угрозы облучающих их РЛС и вырабатывать оптимальную реакцию бортовой системы радиоэлектронного подавления. В этих условиях важнейшей компонентой радиоэлектронной борьбы становится скрытность систем управления оружием, в том числе радиолокационных станций зенитных ракетных комплексов, во многом определяющая ход и исход конфликтного взаимодействия противоборствующих сторон.

Цель работы заключается в повышении вероятности скрытной работы активных радиолокационных станций зенитных ракетных комплексов за счет снижения вероятности обнаружения их зондирующих сигналов аппаратурой радиотехнической разведки противника.

В работе предложен вероятностный критерий, который позволяет определить возможности радиолокационной станции выполнять свои задачи с вероятностью, превышающей вероятность обнаружения их излучения приемником радиотехнической разведки. Он учитывает временной контакт импульсов зондирующих сигналов с импульсами готовности приемника радиотехнической разведки принять сигнал и позволяет определить возможности радиолокатора вести скрытную работу с заданными показателями качества при нахождении в зоне действия средства радиотехнической разведки. Это условие позволило усовершенствовать модель информационного конфликта и оценить момент потери превосходства радиолокатора в информационном конфликте со средством радиотехнической разведки.

Исследование проводилось при помощи имитационного моделирования с использованием аппарата математической статистики. Совокупность полученных в ходе исследования результатов позволила предложить алгоритм выбора типа и параметров зондирующих сигналов радиолокационных станций зенитных ракетных комплексов. Он отличается от известных тем, что позволяет выбирать структуру зондирующего сигнала в зависимости от вида распределения случайного процесса на входе приемника радиолокатора, а выбор параметров зондирующего сигнала осуществлять по критерию минимума вероятности обнаружения приемником воздушной РТР противника.

Разработанный методический аппарат, позволяет сформировать такую систему зондирующих сигналов, которая обеспечит высокую вероятность скрытной работы радиолокационных станций зенитных ракетных комплексов при заданных показателях качества обработки радиолокационной информации. При обнаружении высокоскоростных маловысотных целей, за минимальное количество радиоконтактов с ними в РЛС ЗРК МД необходимо использовать режим СКИ зондирования. Использование СКИ ЗС позволит повысить вероятность скрытной работы радиолокатора до 20% по сравнению с режимом зондирования ЛЧМ сигналом с аналогичной шириной спектра сигнала при одинаковой энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Андронов С.И., Коротков В.А., Уткин В.В. и др.** Технический анализ сигналов РТС. Учебное пособие. Часть II. Принципы построения устройств анализа сложных сигналов. – Череповец, 2012. – 99 с.
2. **Куприянов А.И., Шустов Л.Н.** Радиоэлектронная борьба. Основы теории. – М.: МАИ, 2011.
3. **Козирацкий Ю.Л., Донцов А.А., Козирацкий А.Ю., Иванцов А.В. и др.** Модели пространственного и частотного поиска. Монография / под ред. Ю.Л.Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.
4. **Ширман Я.Д., Багдасарян С.Е., Маляренко А.С. и др.** Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
5. **Радзиевский В.Г., Сирота А.А.** Теоретические основы радиоэлектронной разведки. Изд. 2-е. – М.: Радиотехника, 2004. – 432 с.
6. **Цветнов В.В., Демин В.П., Куприянов А.И.** Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. – М.: МАИ, 1998.
7. **Перунов Ю.М., Мацукевич В.В., Васильев А.А.** Зарубежные радиоэлектронные средства. Книга 2: Системы радиоэлектронной борьбы / под ред. Перунов Ю.М. – М.: Радиотехника, 2010. – С.352.
8. **Мурзак В.В., Лаврентьев А.М., Литвинов Н.Н.** Сверхкороткоимпульсная РЛС ЗРК малой дальности и бортовой приёмник ложной цели в динамике информационного конфликта. // Сборник статей II Всеармейская научная конференция «Проблемы построения системы ВКО РФ». Книга 2. – 2014. – С.111–116.

REQUIREMENTS TO SOUNDING SIGNALS SYSTEM FOR COVERT OPERATION ENSURING OF AIR DEFENSE COMPLEXES RADAR AIDS

A.M. Lavrentiev, V.V. Murzak

One of the key landmark significant elements of the up-to-date offensive and defensive air-land operations is the war in information domain of participating in conflict parties. The majority of air assault weapons are equipped with automated electronic warfare complexes capable in real time mode to assess the current electronic environment and the threat level of radiating radar and to generate the optimum reaction of onboard electronic countermeasures system. In these conditions the prime importance component of radio-electronic warfare is the covertness of weapons control systems including radars of air defense complexes that determines the progress and outcome of conflict interaction between opposing parties.

The paper objective is to increase the covert operation probability of the AD complexes active radar stations through reduction of detection probability of its sounding signals by the enemy electronic reconnaissance equipment.

The article proposes the probability criterion which permits to determine the radar station capabilities of its tasks fulfilment with probability exceeding the detection probability of its radiation by the radio intelligence receiver. The receiver records the pulses time contact of sounding signals with readiness pulses of radio intelligence receiver to receive signal and permits to determine the locator capabilities to perform covert operation with defined quality

parameters in operation zone of electronic reconnaissance system. This condition permitted to improve the information conflict model and determine the locator superiority loss moment in information conflict with electronic reconnaissance system.

The research stipulated the implementation of simulation modelling using the mathematical statistics apparatus. The cumulative research result permitted to propose the selection algorithm of type and sounding signals parameters of AD complexes radar stations. The algorithm differs from the known ones in that it permits to select the sounding signal structure depending on random process distribution type at receiver input of the locator, and sounding signal parameters selection – according to the receiver minimum detection probability criteria of the enemy aerial electronic intelligence. The developed methodical apparatus permits to form such a sounding signals system that provides a high probability of covert operation of AD complexes radar stations at defined quality parameters of radar data processing. Upon detection of high-speed low-altitude targets, in a minimum amount of radiocontacts with it, in small range AD complexes radars, it's necessary to use the ultrashort-pulse (USP) sounding mode. The use of USP sounding signal (SS) will allow increasing the locator covert operation probability up to 20% relative to chirp signal sounding mode with the same signal bandwidth at equal energy.

Поступила 22 сентября 2016 года.

УДК 621.396.967

МЕТОД СЕЛЕКЦИИ АВТОНОМНОЙ ЛОЖНОЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ НА ОСНОВЕ ФАЗОВЫХ СООТНОШЕНИЙ ЭХО-СИГНАЛА ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ШИРОКОПОЛОСНЫМИ РАДИОИМПУЛЬСАМИ

© Авторы, 2016

С.Н. Никифоров
преподаватель кафедры РТС, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль
E-mail: nikiforov.ser@yandex.ru
Ю.Н. Маринцев *кандидат технических наук, доцент,*
доцент кафедры РТС, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль
М.Г. Корягин
доцент кафедры РТС, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль

В условиях применения средств РЭБ, способных сформировать помеху, имитирующую отражение от реальных целей, особую остроту приобретает частная составляющая задачи распознавания – селекция автономных ложных воздушных целей в интересах оптимального варианта распределения огня. Исходя из гипотезы о том, что широкополосная имитирующая помеха излучается из одной точки пространства, задача селекции ЛВЦ представляется как различение двух классов целей: целей с пространственно распределёнными рассеивающими элементами и целей, излучающих сигналы из одной точки пространства. В статье представлен метод селекции ЛВЦ по значению наблюдаемого поперечного размера цели при оценке фазовых соотношений принятого сигнала.

***Ключевые слова**: селекция ложных целей, поперечный размер цели, вторая разность начальных фаз, дальностные портреты.*

Within conditions of electronic countermeasures equipment employment capable to perform jamming imitating the reflection from the real targets the special acuity is given to the private component of discrimination task – the selection of autonomous decoy aerial targets for the optimum variant of fire distribution (target distribution).Based on hypothesis that the wideband imitating jamming is emitted from one space point, the DAT discrimination task is introduced as difference of two targets classes: targets with spatial distributed scattering elements (highlights) and targets emitting signals from one point of airspace. The article performs the DAT discrimination method by value of observed transverse target size during at phase relationship estimation of received signal.

***Keywords:** decoys discrimination, transverse target size, second difference of initial phases, range images (patterns).*

Широкое распространение в ходе ведения боевых действий получают такие расходуемые средства РЭБ, как маневрирующие автономные ложные воздушные цели, оснащенные ретрансляторами активных помех для имитации дальностных портретов объекта заданного класса. Основное назначение ЛВЦ заключается в активизации систем ПВО противника с целью определения их месторасположения для последующего поражения противорадиолокационными ракетами, провоцировании пусков ракет по БПЛА и насыщении системы ПВО ложной информацией.

В сложившихся условиях радиоэлектронной борьбы особую остроту приобретает частная составляющая задачи распознавания – селекция автономных ложных воздушных целей в интересах оптимального варианта распределения огня (целераспределения).

Ложная цель формирует имитирующий отражение от реальных целей сигнал, излучая его практически из одной точки пространства. Такая особенность излучения имитирующей помехи не позволяет сформировать признаки пространственного распределения рассеивающих элементов имитируемой крупноразмерной цели в картинной плоскости. Это обстоятельство дает возможность выдвинуть гипотезу о представлении задачи селекции ЛВЦ как различение двух классов целей: целей с пространственно распределёнными рассеивающими элементами (бле-

стящими точками) и целей, излучающих сигналы из одной точки пространства. При этом распознавание излучаемой из одной точки пространства широкополосной имитирующей помехи может основываться на определении видимого поперечного сечения цели и сравнении его с некоторым пороговым значением.

В работе представлен метод селекции ЛВЦ по значению наблюдаемого поперечного размера цели при оценке фазовых соотношений принятого сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Максименков А.** Основные программы ВВС США по созданию средств радиоэлектронной борьбы // Зарубежное военное обозрение. – 2010, №1. – С.54–58.
2. **Михайлов А.** Подавляющее информационное превосходство. [Электрон. ресурс].
3. **Евграфов В.** Развитие авиационных средств РЭБ и их применение в современных вооруженных конфликтах // Зарубежное военное обозрение. – 2011, №2. – С.60–66.
4. **Афинов В.** Тенденции развития средств РЭБ авиации Вооруженных сил США на пороге XXI века // Зарубежное военное обозрение. – 1998, № 6.
5. **Митрофанов Д.Г., Бортовик В.В., Николаев А.В., Сафонов А. В. и др.** Патент РФ № 2225624. МПК6 G 01 S 13/02. Способ распознавания ложных воздушных целей при двухпозиционном зондировании. Заявка № 2002121150. Приоритет 9.08.2002. Опубл. 10.03.2004.
6. **Доброленский Ю.П.** Динамика полёта в неспокойной атмосфере. – М.: Машиностроение, 1969. – 256 с.
7. **Митрофанов Д.Г.** Селекция ложной воздушной цели на основе анализа отражательной характеристики с турбовинтовой модуляцией.
8. **Макаев В.Е., Васильев О.В.** Метод радиолокационного распознавания воздушной цели по «турбинному эффекту». – М.: Радиотехника, 2000, № 11. – С.30–33.
9. Радиоэлектронные системы. Справочник. Основы построения и теория / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника. 2007. – 510 с.
10. **Митрофанов Д.Г. и др.** Патент РФ. Способ селекции ложных воздушных целей. Опубл. 20.06.2008.
11. **Вишин Г.М.** Многочастотная радиолокация. – М.: Воениздат, 1973. – 92 с.

AUTONOMOUS DECOY AERIAL TARGET DISCRIMINATION METHOD BASED ON RETURNED SIGNALS PHASE RELATIONSHIP AT WIDE-BAND RADIO PULSE SOUNDING

S.N. Nikiforov, U.N. Marintcev, M.G. Koryagin

The applied radioelectronic warfare weapons as maneuvering autonomous decoy aerial targets (DAT) equipped with active jamming repeaters for range patterns imitation of the desired class object are widely used during combat operations. The main purpose of DAT is to activate the enemy air defense systems in order determine their location for further engagement by anti-radar missiles, missiles launch triggering-off against UCAS and AD system saturation with false information.

In existing conditions of radioelectronic warfare the special acuity is given to the private component of discrimination task – the selection of autonomous decoy aerial targets for the optimum variant of fire distribution (target distribution).

The decoy forms a signal imitating the return from the real target by emitting it practically from one space point. Such emission feature of imitating jamming doesn't permit to form the scattering elements spatial distribution characters of simulated large-size target in image plane. This circumstance gives a possibility for a hypothesis development on DAT discrimination task introduction as difference of two targets classes: targets with spatial distributed scattering elements (highlights) and targets emitting signals from one point of airspace. Herewith the discrimination of wideband imitating jamming emitting from one space point could be based on designation of visible target transverse section and comparison it with some threshold values.

The article performs the DAT discrimination method by value of observed transverse target size during at phase relationship estimation of received signal.

Поступила 18 августа 2016 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 621.396.67

ФАЗОВЫЙ СИНТЕЗ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ КООРДИНАТ

© Авторы, 2016

В.А. Балагуровский
начальник СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
А.С. Кондратьев *кандидат технических наук, старший научный сотрудник, главный специалист направления, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва*
А.О. Маничев *кандидат технических наук, начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва*
E-mail: info@raspletin.com
Н.П. Полищук *кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва*

Рассматриваются варианты построения фазированной антенной решётки (ФАР) измерителя координат объектов. ФАР формирует суммарную диаграмму направленности (ДН) и две разностные ДН, обеспечивающие измерение угловых координат объекта. Рассматривается задача фазового синтеза суммарной и разностных ДН ФАР заданной формы, в том числе формирование нулей ДН в заданных направлениях, при условии сохранения угловой ориентации пеленгационных нулей разностных ДН в направлении сканирования ДН. Выводятся расчётные соотношения и описывается итерационный метод синтеза ДН, основанный на покоординатной минимизации нелинейного функционала. Приводятся примеры синтеза.

***Ключевые слова**: фазированная антенная решётка (ФАР), суммарные и разностные диаграммы направленности (ДН).*

Design versions of the phased array antenna (PAA) of an object coordinate meter are considered. The PAA forms the sum pattern and two difference direction patterns ensuring measuring of the object angular coordinates. The problem of the phase-only synthesis of the sum and difference PAA patterns having given shapes, including formation of pattern nulls in prescribed directions, under the condition of keeping the angular orientation of direction-finding nulls of difference patterns in the scanning direction is considered. Design relationships are derived and aniterative pattern synthesis method based on the coordinatewise minimization of a nonlinear functional is described. Synthesis examples are presented.

***Keywords:** phased array antenna (PAA), sum and difference direction patterns (DP).*

Рассматриваются варианты построения фазированной антенной решётки (ФАР) измерителя угловых координат объектов. ФАР формирует суммарную диаграмму направленности (ДН) и две разностные ДН, обеспечивающие измерение координат. Решаются задачи фазового синтеза суммарной ДН ФАР заданной формы и нулей суммарной и разностных ДН при сохранении ориентации пеленгационных нулей разностных ДН в направлении сканирования ДН. Сравниваются два подхода к построению ФАР:

1. ФАР разбивается на четыре идентичные подобласти с одинаковым амплитудно-фазовым распределением. Управление формой ДН ФАР производится путём синтеза ДН подобласти.

2. Используются свойства структур с зеркальной симметрией, что позволяет синтезировать ДН при зеркально-симметричных амплитудных распределениях и конфигурациях апертур, в том числе распределениях, спадающих от центра полотна ФАР к периферии, для которых невозможно использовать первый подход.

Выводятся расчётные формулы и описываются методы синтеза ДН. Приводятся примеры синтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Леонов А.И., Фомичев К.И.** Моноимпульсная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1984.
2. **Балагуровский В.А., Кондратьев А.С., Мосалов В.Н.** Многоканальные антенные устройства с повышенной помехозащищённостью // Радиотехника. – М.: Радиотехника, 1993, №5–6. – С.53–58.
3. **Маничев А.О., Кондратьев А.С.** Сравнительный анализ методов фазового синтеза нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки // Антенны. – М.: Радиотехника, 2011, №9. – С.3–25.

PHASE-ONLY SYNTHESIS OF THE DIRECTION PATTERN OF THE PHASED ARRAY ANTENNA OF A COORDINATE METER

V.A. Balagurovskiy, A.S. Kondratiev, A.O. Manichev, N.P. Polishchuk

Design versions of the phased array antenna (PAA) of an object coordinate measuring system are considered. The PAA forms the sum direction pattern (DP) and two difference DPs providing measurement of the object coordinates. Problems of the phase-only synthesis of the sum PAA DP of a prescribed shape and the phase-only synthesis of nulls in the sum and difference DPs under the condition of keeping the angular orientation of direction-finding nulls of difference DPs in the scanning direction are considered. Two approaches to solution of the PAA synthesis problem are compared:

1. The PAA is divided into four identical subregions with the same amplitude-phase distribution and, consequently, the subregion pattern. The shape of the PAA DP is controlled by means of the phase-only synthesis of the subregion DP.

2. Properties of structures with reflection symmetry are used to synthesize DPs of PAAs with configurations and amplitude distributions satisfying the condition of reflection symmetry, including tapered distributions centered at the PAA center, which is impossible to perform with the use of the first approach.

The design formulas are derived and the DP synthesis methods are described. The synthesis examples are provided.

Поступила 8 сентября 2016 года.

УДК 62-52

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВМЕСТИМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ВСТРАИВАЕМЫХ СРЕДСТВ В ЗАКАЗНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ НА РАННИХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© Автор, 2016

С.В. Кирюхин
начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: PSVVOINA@rambler.ru

В статье произведена постановка задачи исследования, описаны критерии оценки и выбран метод оценки критериев физической области совместимости аппаратно-программных встраиваемых средств, приведён алгоритм метода обеспечения совместимости физических интерфейсов.

***Ключевые слова**: встроенные системы, интерфейс, совместимость интерфейсов, алгоритм обеспечения совместимости устройств.*

The research problem statement is set in the article, the estimation criterion are described and criterion estimation method of compatibility physical area of built-in hardware-software tools is selected, the physical interfaces compatibility ensuring method algorithm is described.

***Keywords:** built-in (integrated) system, interface, interfaces compatibility, units assuring compatibility algorithm.*

Задача обеспечения совместимости аппаратно-программных встраиваемых устройств разбивается на три области, представляющие собой три частные задачи – физическую, информационную и организационную. В статье рассматривается только частная физическая задача обеспечения совместимости. Решение частной физической задачи обеспечения совместимости заключается в выполнении алгоритма метода обеспечения совместимости физических интерфейсов аппаратно-программных встраиваемых средств, приведенного в статье. Критериями оценки обеспечения совместимости являются значения пяти коэффициентов ($К_Г$, $К_А$, $К_У$, $К_В$, $К_Д$), описывающих сегменты проектирования, использующихся при разработке и внедрении интерфейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лапин А.** Интерфейсы. Выбор и реализация. – М.: Техносфера., 2005. – 168 с.
2. **Ларичев О.И.** Объективные модели и субъективные решения. – М.: Наука, 1987. – 144 с.

PHYSICAL INTERFACES COMPATIBILITY METHOD OF BUILT-IN HARDWARE-SOFTWARE TOOLS IN CUSTOM-DESIGNED AUTOMATED SYSTEMS AT EARLY DESIGN PHASE

S.V. Kiryuhin

The compatibility assuring objective of built-in hardware-software units is divided into three regions comprising of three specific tasks – physical, informational and organizational. The article performs only

specific physical task of compatibility assuring. The specific physical task solution of compatibility assuring concludes the physical interfaces compatibility ensuring method algorithm execution of built-in hardware-software units. The compatibility ensuring estimation criterion are the values of five coefficients (C_g, C_m, C_u, C_{IC}, C_{FOD}) describing the designing segments which are used at interfaces designing and introduction.

Поступила 16 июня 2016 года.

УДК 535.621

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АПЕРТУРНЫХ ПОТЕРЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИЛУ ИЗЛУЧЕНИЯ

© Авторы, 2016

А.Н. Клейменов *кандидат технических наук, ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва*
E-mail: info@raspletin.com
Я.И. Малашко *доктор технических наук, доцент, начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва*
E-mail: malashko@yandex.ru
Я.А. Субботовская
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Проанализировано влияние потерь мощности на силу излучения при изменении кратности системы формирования и при смещении лазерного пучка за апертуры зеркал. Определены ограничения допустимых величин апертурных потерь.

Ключевые слова: *система формирования, увеличение (кратность), сила излучения, апертурные потери мощности.*

The power loss influence on radiant intensity at changing of forming system multiplicity and at shifting of laser beam outside the mirrors aperture were analyzed. The permitted values limitations of aperture loss were defined.

Keywords: *beam-forming system, increase (multiplicity), radiant intensity, aperture power loss.*

Проведён анализ влияния потерь мощности лазерного излучения недифракционного качества на силу излучения. Рассмотрены случаи апертурных потерь, вызванных как динамическими смещениями пучка за апертуры зеркал, так при осесимметричных апертурных потерях, вызванных угловым расхождением пучка недифракционного качества.

При анализе использована модель гауссоподобного пучка с угловой расходимостью не менее 5-6 дифракционных пределов, в которой распределение интенсивности на выходной апертуре является равномерным, а угловая расходимость на любой части апертуры также является постоянной и подчиняется гауссовскому угловому распределению интенсивности.

Предложены критерии допустимых величин потерь мощности, не снижающих величину средней (по углу расходимости) силы излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Писаренко Я.А., Малашко Я.И.** Методические подходы к построению системы автоюстировки как части системы наведения мощных лазерных пучков // Сборник докладов IV НТК молодых учёных и специалистов, посвящённой 105-летию со дня рождения академика А.А. Расплетина «Актуальные вопросы развития систем и средств воздушно-космической обороны». – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2013. – С.411–420.
2. **Малашко Я.И.** Формирование мощных лазерных пучков. – М., МИРЭА, 2013.
3. **Малашко Я.И., Наумов М.Б.** Системы формирования мощных лазерных пучков. – М.: Радиотехника, 2013.
4. **Малашко Я.И., Хабибуллин В.М.** Критерии допустимых величин плавных аберраций для лазерных пучков недифракционного качества // Квантовая электроника. – 2013, Т. 44, № 3.
5. ***Duffner Robert W.*** *Airborne Laser (Bullets of Light) // Plenum Press. – York, A Division of Plenum Publishing Corporation New-York, N.Y.* 1997. – P.292.

LASER RADIATION APERTURE LOSS INFLUENCE ANALYSIS ON RADIANT INTENSITY

A.N. Kleymenov, Y.I. Malashko, Y.A. Subbotovskaya

The influence analysis of the laser radiation output power loss of nonediffraction quality on radiant intensity was conducted. The aperture loss cases were examined, due to dynamic beam shifts outside the mirrors aperture, and at axially aperture loss induced by the angular beam divergence of nonediffraction quality.

The model of the Gaussian-like beam with angular divergence of not less than 5-6 diffraction limits in which the intensity distribution at output aperture is a uniform, and angular divergence at any part of aperture also is a constant and subject to the Gaussian angular intensity distribution.

The permitted values criterions of power loss not decreasing the value of the average (in divergence angle) radiant intensity were proposed.

Поступила 3 ноября 2016 года.

УДК 621.396.6

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, МОДЕРНИЗАЦИИ И ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

© Авторы, 2016

С.К. Колганов *доктор технических наук, профессор,*
директор по инновациям и научной методологии, АО «МНИРТИ», г. Москва
E-mail: ksk47@mail.ru
Э.Г. Лазаревич *доктор технических наук, профессор,*
профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы»,
учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск
E-mail: lazarevich.eduard@yandex.by
В.А. Кижапкин *кандидат технических наук, старший научный сотрудник*
руководитель специальных проектов, АО «МНИРТИ», г. Москва
E-Mail: v.kizhapkin@mnirni.ru

В статье рассмотрена новая концепция разработки, развития и совершенствования систем радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники на основе технологии «свёртки».

***Ключевые слова**: радиоэлектронная аппаратура, компонентная база, образцы вооружения, военной и специальной техники, жизненный цикл, живучесть, надёжность, информационная безопасность.*

The article considers a new conception of development, modernization and improvement of communications-electronics equipment systems of armament, military and special equipment basing on «convolution» technology.

***Keywords:** electronics, component base, armament, military and special equipment items, life-cycle, survivability, reliability, information security.*

В статье рассмотрены основные положения новой концепции разработки, развития и совершенствования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) образцов вооружения, военной и специальной техники на основе технологии «свёртки», являющейся основой «латентной» модернизации.

Показано, что следование этой концепции позволяет решить ряд проблем, связанных с обеспечением требуемых технико-экономических характеристик РЭА в течение всего срока её эксплуатации, в том числе за счет поддержания серийного производства ЗИП.

Кроме того, такой подход естественным образом стимулирует проведение всё более глубокой модернизации РЭА с применением интеграции всё более высокого уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Немудров В., Мартин Г.** Системы-на-кристалле. Проектирование и развитие. – М.: Техносфера, 2004. – 216 с.
2. **Колганов С.К., Лазаревич Э.Г.** Концепция «латентной модернизации» радиоэлектронной аппаратуры для образцов вооружения, военной и специальной техники на базе технологии «свёртки // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, Выпуск 1(9). – С.53–62.
3. **Колганов С.К., Лазаревич Э.Г.** Новая технологическая основа: системы на кристалле – путь к созданию перспективных образцов радиоэлектронной аппаратуры // Воздушно-космическая оборона. – М., 2005, №7(26). – С.26–27.

CONCEPTION PRINCIPAL PROVISIONS OF SUPPORT, MAINTANANCE, UPGRADING AND LIFE-CYCLE EXTANSION OF ARMAMENT, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT

S.K. Kolganov, E.G. Lazarevich, V.A. Kizhapkin

The article examines the main provisions of a new conception of development, modernization and improvement of electronics systems of armament, military and special equipment basing on «convolution» technology which is the basement for the “latent” upgrading. It’s shown that the following to this conception permits to solve a set of problems connected with required technical-and-economic characteristics support of electronics systems during the full life cycle including due to serial SPTE production support. Besides, such approach naturally stimulates the process of more complicated electronics systems modernization using the integration of a higher level.

Поступила 28 июня 2016 года.

УДК 621.396

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

© Авторы, 2016

Ю.Н. Кофанов *доктор технических наук, профессор,*
профессор, НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва
E-mail: yurykofanov@yandex.ru
С.Ю. Сотникова *кандидат технических наук,*
старший научный сотрудник, НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва
E-mail: sveta1708@mail.ru

Рассматривается алгоритм диагностирования электронных средств, встроенных в оборудование воздушно-космических сил. Для них характерно появление дефектов от жёстких механических воздействий. Поэтому диагностику предложено проводить с помощью пьезоэлектрического возбудителя тестовых вибраций – эмулятора, размещаемого непосредственно на печатном узле электронного оборудования.

Ключевые слова: *вибродиагностика, механическое моделирование, пьезоэлемент, печатный узел, электронное средство.*

The diagnosis algorithm of electronic devices integrated into the Aerospace forces equipment is examined in the article. They are characterized by defects appearance due to hard mechanical influences. Hence, it is proposed to carry out diagnostic using piezoelectric test vibrations exciter – the emulator directly placed on printed-circuit assembly of electronic block.

Keywords: *vibration diagnostics, mechanical modeling, piezoelectric element, printed-circuit assembly, electronic device.*

Работа посвящена разработке алгоритма диагностирования печатных узлов, входящих в электронные средства передвижных наземных, воздушных или космических объектов. В настоящее время к ним предъявляются повышенные требования по надежности. В таких объектах часто дефекты появляются и развиваются при наличии механических воздействий: вибраций и ударов. Поэтому диагностику электронных средств лучше проводить по изменениям их механических характеристик. Особенностью предлагаемого подхода является использование для диагностирования закреплённого на плате печатного узла пьезоэлектрического эмулятора, используемого как возбудителя механических колебаний. Эмулятор заменяет вибростенд и ударный стенд, т.к. позволяет воспроизводить процесс вибрационных или ударных воздействий. Датчик для снятия величины возникшего виброускорения также помещается на печатную плату примерно посредине между эмулятором и местами крепления платы. Предлагаемый подход позволяет проводить вибродиагностику после изготовления печатного узла, не используя вибростенд, а также (что очень важно для необслуживаемых в полёте объектов) в процессе функционирования электронного средства, когда демонтаж печатного узла для проверки невозможен. Проведённые эксперименты показали возможность идентификации дефектов конструкции печатной платы по её амплитудно-частотным характеристи кам как при производстве, так и в процессе эксплуатации бортовой аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Матвеев С.Е., Кофанов Ю.Н., Ройзман В.П.** Методы системного анализа вибрационной прочности изделий. – М.: Радио и связь, 2002. – 178 с.
2. **Крауткремер Й., Крауткремер Г.** Ультразвуковой контроль материалов: Справочник. – М.: Металлургия, 1991.
3. ***Tichy J., Erhart J., Kittinger E., Privratska J.*** *Fundamentals of Piezoelectric Sensorics. – Heidelberg, Dordrecht, London, New York.: Springer*, 2010.

4. **Кофанов Ю.Н., Шалумов А.С., Увайсов С.У., Сотникова С.Ю.** Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств / под отв. редакцией Ю.Н. Кофанова. – М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. – 392 с.
5. **Кофанов Ю.Н.** Моделирование и обеспечение надёжности технических систем. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 324 с.
6. **Данилин Н.С.** Неразрушающий контроль качества продукции радиоэлектроники. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 240 с.
7. Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / под ред. В. В. Клюева. Т.5: В 2-х кн. Кн. 1: Тепловой контроль. – М.: Машиностроение, 2004. – 697 с.
8. **Кофанов Ю.Н., Сотникова С.Ю.** Физические основы математического моделирования инфокоммуникационных систем и средств связи: Учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 103 с.

PRINTED-CIRCUIT ASSEMBLIES DIAGNOSIS ALGORITHM OF ELECTRONICS USING MECHANICAL PROCESS MODELING

Y.N. Kofanov, S.Y. Sotnikova

The article relates to the diagnosis algorithm development of printed-circuit assemblies integrated into electronic equipment of mobile land, aerial or space objects. Nowadays there are enhanced reliability standards to it. Such objects have dense defects due to mechanical effect: vibrations, shocks and linear accelerations. Consequently, it is better to carry out electronic equipment diagnostic according to changes of its mechanical characteristics. The particularity of the proposed approach is the use of piezoelectric emulator built in the printed-circuit assembly as an exciter of mechanical vibrations with respect to diagnosis conducting. The emulator substitutes the vibration table and shock table, i.e. permits to simulate the process of vibrations and shocks. The vibration acceleration value sensor is also fitted on the printed-circuit board approximately in the middle between the emulator and the fastening places of the board. The suggested approach allows carrying out the vibration diagnostic after printed-circuit assembly manufacturing, without using the vibration table, and during operation (which is the most important for nonserviceable in-flight objects) of the electronic device when the printed-circuit assembly dismounting for checking is impossible. The conducted experiment showed the construction defects identification possibility of the printed-circuit board according to its amplitude-frequency characteristics as at manufacturing process and in operation of onboard equipment.

Поступила 26 октября 2016 года.

УДК 621.396.677.494

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ПРОСТЫХ ЧИСЛОВЫХ ПОЛЕЙ ГАЛУА GF(P) И ИХ НЕКОГЕРЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

© Автор, 2016

А.А. Манукьян *кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, ОАО «РТИ им. академика А.Л. Минца», г. Москва*
E-mail: amanukyan@rti-mints.ru

Для решения задачи распознавания источниками признаков могут быть одномерные и двумерные радиоизображения объектов. Актуальным является поиск способов формирования радиолокационных сигналов, обладающих «кнопочной» функцией неопределённости, и методов их обработки, обеспечивающих экономию замеров и реализуемость при практически значимых ограничениях.

Ключевые слова: *частотно-временные последовательности импульсов, некогерентная обработка, радиоизображения, поля Галуа.*

In order to solve the feature recognition problem by emitters the one-dimensional and two-dimensional objects images can be applied. The relevant way could be a search of techniques for radar signals shaping having a «push-button» uncertainty function, and methods of its processing, providing the reading saving and feasibility at practically relevant constrains.

Keywords: *time-and-frequency pulses sequences, non-coherent processing, radioimages, Galois fields.*

В обзоре статей представлены основные результаты, полученные при разработке методов построения частотно-временных последовательностей импульсов (ЧВПИ) в интересах построения радиоизображений (РИ) объектов. Представлены три основные структуры ЧВПИ с различными законами переключения несущей частоты: циклическим, кодированным, с неэквидистантной расстановкой импульсов по времени или по частоте. Показано, что ЧВПИ с циклическим переключением несущей частоты обеспечивают максимально высокие характеристики по разрешающей способности и уровню боковых лепестков (УБЛ). ЧВПИ с кодированным переключением, построенные с использованием свойств простых чисел, сохраняют разрешающую способность, обеспечивают увеличение интервала неоднозначности по доплеровским частотам, однако проигрывают по УБЛ. ЧВПИ с неэквидистантной расстановкой импульсов по частоте или по времени обеспечивают экономию числа замеров в 2-3 раза, в общем случае, проигрывают по УБЛ, но при превышении в 4 раза числом замеров (первообразных корней) числа интервалов разрешения по объекту имеется возможность восстанавливать сигнал в пропущенных узлах и снижать УБЛ.

В сочетании с некогерентной обработкой отражённых сигналов, то есть, использовании только квадрата огибающей импульсов после снятия внутриимпульсной модуляции, ЧВПИ представляют собой удобную структуру сигналов для построения РИ, легко реализуемую в РЛС с АФАР и снимают многие проблемы, связанные с традиционными требованиями когерентности сигналов и высокоточного знания параметров траектории. По аналогии со свойствами ЧВПИ разработаны методы кодированного расположения излучателей по положению и построению разреженных и заполненных АФАР, обладающих большим числом независимых лучей и обеспечивающих приемлемый УБЛ при сниженном числе излучателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Курикша А.А.** Оптимальная обработка световых полей при сильных фазовых искажениях // РЭ. 1968, т.13, №13, №5. – С.771.
2. **Курикша А.А.** Теория приема светолокационных сигналов, Дис…д-ра техн. наук. – М.: НИИРП, 1969. – 374с.
3. **Манукьян А.А.** Определение координат локальных неоднородностей на поверхности объекта по многочастотной амплитудно-фазовой диаграмме обратного рассеяния при наличии фазовых искажений» // РЭ, 1994, том 60, №1. – С.81.
4. **Сушкевич А.К.** Теория чисел. – М.: Вузовская книга, 2007.
5. **Постников М.М.** Введение в теорию алгебраических чисел. – М.: Наука, 1982.
6. **Костас Дж.** ТИИЭР. – 1984, Т.72, №8. – С.5.
7. **Манукьян А.А.** Построение двумерных радиоизображений объектов по многочастотным сигналам с кодированным переключением несущей частоты (сигналам Костаса) // РЭ, 2011, том 56, №2. – С.178–190.
8. **Свердлик М.Б.** Оптимальные дискретные сигналы. – М.: Сов. Радио, 1975.
9. **Манукьян А.А.** Определение гармонических составляющих сигнала по его значениям, измеренным в неэквидистантных узлах эквидистантной сетки конечной длины, равной числу вычетов простого числового модуля // РЭ, 2014, том 59, №10. – С.1011–1032.
10. **Хургин Я.И., Яковлев В.П.** Финитные функции в физике и технике. – М.: Наука, 1971.
11. Математическая энциклопедия. – М., т.3, 1977.
12. **Манукьян А.А.** Построение двумерных радиоизображений объектов по неэквидистантным кодированным частотно – временным последовательностям импульсов // РЭ, 2015, том 59, № 3. – С.1–15.
13. **Манукьян А.А.** Построение разреженных фазированных антенных решеток путем кодирования положения элементов на эквидистантной сетке узлов на основе свойств простых и составных числовых модулей // РЭ, 2012, том 57, №1. – С.31–48.
14. **Манукьян А.А.** Построение заполненных фазированных антенных решеток из разреженных решеток с кодированными по положению элементами на основе свойств простых и составных числовых модулей // РЭ, 2012, том 57, №12. – С.1278–1288.
15. **Манукьян А.А.** Патент РФ №2502162, «Способ размещения элементов в разреженной фазированной антенной решётке», с приоритетом от 19.06.2012.

TIME-AND-FREQUENCY PULSE SEQUENCE SHAPING PRINCIPLES BASED ON GALOIS PRIME NUMBER FIELDS GF(P) AND ITS NON-COHERENT PROCESSING FOR CONSTRUCTION OF OBJECTS RADIOIMAGES

A.A. Manukyan

The articles review represents the main results obtained during design methods development of time-and-frequency pulses sequences (TFPS) with regard to construction of objects radio images (RI). The three main TFPS structures are performed with different carrier frequency shifting laws: cycling, encoded, with nonequidistant in-time and in-frequency pulses arrangement. It's shown that the TFPS with cycling carrier frequency shifting provide the highest characteristics as for the resolution capability and side-lobe level (SLL). The TFPS with encoded shifting, developed with use of prime numbers characters, maintain the resolution capability, provide increase of ambiguity interval in Doppler frequencies, but lack in SLL. The TFPS with nonequidistant in-time and in-frequency pulses arrangement provide readings number saving in 2-3 times, in general, lack in SLL, but at exceeding in four times by reading number (primitive roots) of the object resolution intervals number it's a possibility to regenerate signal in missed nodes and decrease the SLL. Coupled with non-coherent processing of returned signals, i.e. at using of pulse envelope square only after relieve of interpulse (chirp) modulation, the TFPS are the convenient signals structure for construction of RI that can be easily realized in APAA radar and remove a lot of problems connected with traditional requirements to signals coherency and high-precision acquirement of trajectory parameters. By analogy with the TFPS properties the methods of encoded emitters' arrangement were developed in position and forming of dispersed and filled APAA, having a large number of noninteracting beams and providing the acceptable SLL at decreased number of emitters.

Поступила 10 августа 2016 года.

УДК 539.3

МЕХАНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ В РАСЧЁТАХ ДИНАМИКИ И ПРОЧНОСТИ РЭА

© Авторы, 2016

Е.Н. Хмельницкий *кандидат технических наук,*
зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: travelin@bk.ru
А.А. Золотухин
техник 2 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
А.В. Кузьмичева
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
В.Г. Лисовский
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

РЭА, как правило, является топологически многосвязной с существенной упругой и инерционной связанностью между отдельными модулями (блоками). Воспользовавшись понятием механических цепей можно определить коэффициенты передачи виброускорений от основания аппаратуры на её отдельные блоки для оценки их прочности и стойкости при воздействии механических факторов. На этой основе разработана методика оценки влияния податливости конструкции, к которой крепится основание аппаратуры, на её динамическую жёсткость (моды колебаний) и напряженно-деформированное состояние. Данный подход рассмотрен на примере оценки влияния податливости антенного контейнера с закреплённой на нём антенной (объект исследования). Проведя расчёты по разработанной методике, можно, в случае необходимости, выработать обоснованные требования к жёсткости мест крепления исследуемой аппаратуры.

***Ключевые слова**: прочность, радиоэлектронная аппаратура, механические цепи, механический удар, коэффициент динамичности, линейная динамическая задача.*

Generally, the electronic equipment represents as a topologically multiconnected with significant elastic and inertial connectivity between separated modules (units). Using the mechanical chains notion we can determine the vibrations acceleration transmission coefficients from aperture base to its separate units in order to assess its strength and hardness during influence of mechanical factors. Thereupon the construction compliance estimation technique was developed, to which the aperture base is attached, on its dynamic stiffness (oscillation mode) and stress and strain state. This approach was examined in terms of compliance influence estimation of aerial container with fixed antenna on it (subject of research). With fulfilment of analysis with respect to developed technique it's possible where required to work out reasonable requirements to attaching points' stiffness of examined equipment.

***Keywords:** strength, electronic equipment, mechanical chains, mechanical shock, dynamic factor, linear dynamic problem.*

В статье представлен метод расчётно-экспериментального анализа радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА).

РЭА, как правило, топологически многосвязная, то есть обладает существенной упругой и инерционной связанностью между отдельными модулями (блоками), поэтому коэффициент передачи виброускорений непостоянен по всей конструкции. Приложенные к конструкции нагрузки не передаются на внутренние элементы с теми же параметрами – форма и амплитуда изменяются под влиянием структуры взаимодействия между отдельными элементами при прохождении импульса по конструкции РЭА. Воспользовавшись понятием механических цепей можно определить коэффициенты передачи виброускорений от основания аппаратуры на её отдельные блоки для оценки их прочности и стойкости при воздействии механических факторов.

В статье описана разработанная методика оценки влияния податливости конструкции, к которой крепится основание аппаратуры, на её динамическую жёсткость (моды колебаний) и напряжённо-деформированное состояние.

Данный подход рассмотрен на примере оценки влияния податливости антенного контейнера с закреплённой на нём антенной (объект исследования). Для анализа напряжённо-

деформируемого состояния модулей антенны и входящих в состав контейнера приборов конструкция была разделена на конструктивы для снижения размерности задачи, так как расчет подробной модели всего комплекса ввиду большой вычислительной ёмкости задачи может оказаться нерациональным или нереализуемым.

Проведя расчёты по разработанной методике можно, в случае необходимости, выработать обоснованные требования к жёсткости мест крепления исследуемой аппаратуры, определить режимы нагружения отдельных блоков приборов при испытаниях аппаратуры по частям.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дружинский И.А.** Механические цепи. – Л.: Машиностроение, 1977. – 240 с.
2. **Бате К., Вилсон Е.** Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. – 448 с.
3. *Gladwell, G.M.L., «Branch Mode Analysis of Vibrating Systems» Journal of Sound Vibration*, Vol. 1, 1964.
4. **Бирбраер А.Н.** Расчёт конструкций на сейсмостойкость. – СПБ.: Наука, 1998. – 225 с.

MECHANICAL CHAINS IN DYNAMIC AND STRENGTH ANALYSIS OF ELECTRONIC EQUIPMENT

E.N. Hmelnicskiy, A.A. Zolotuhin, A.V. Kuzmicheva, V.G. Lisovskiy

The article represents the estimation-experimental analysis of electronic equipment (EE).

As a rule, the EE is topologically multiconnected, i.e. having a significant elastic and inertial connectivity between separated modules (units), hence, the vibrations acceleration transmission coefficient is nonuniform throughout the construction. The loads applied to construction are not transmitted to inner elements with the same parameters – form and amplitude are changed due to effect of interaction structure between separate elements during the pulse passing through the EE construction. Using the mechanical chains notion it's possible to determine the vibrations acceleration transmission coefficients from aperture base to its separate units in order to assess its strength and hardness during influence of mechanical factors.

The article states the developed construction compliance estimation technique, to which the aperture base is attached, on its dynamic stiffness (oscillation mode) and stress and strain state.

This approach was examined in terms of compliance influence estimation of aerial container with fixed antenna on it (subject of research). To analyze the stress and strain state of antenna modules and equipment container composed to it, the construction was divided into module construct to decrease the dimension of problem since the detailed model evaluation of all complex due to large computational problem volume could be irrational or unreliazable.

With fulfilment of analysis with respect to developed technique it's possible where required to work out reasonable requirements to attaching points' stiffness of examined equipment, to determine loading conditions (modes) of separate equipment units during separately equipment check.

Поступила 25 августа 2016 года.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РЛС

© Авторы, 2016

Н.В. Шнурков *кандидат технических наук, доцент,*
начальник отдела, ОАО «ИМЦ Концерна «Вега», г. Москва
А.В. Ракитин *кандидат технических наук,*
старший научный сотрудник, ОАО «ИМЦ Концерна «Вега», г. Москва
И.Б. Аверин *кандидат технических наук,*
начальник конструкторско-технологического комплекса, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
А.Д. Елисеев *кандидат технических наук,*
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
С.М. Лабекин
главный специалист направления, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
Б.А. Пронякин
зам. начальника специального конструкторского бюро, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье представлены принципы построения и реализации комплекса средств автоматизированного контроля технических параметров систем обеспечения теплового режима (СОТР) РЛС.

***Ключевые слова**: активная фазированная антенная решётка, система обеспечения теплового режима, автоматизированный контроль.*

The article states design and implementation principles of the automatic technical parameters checkout aids complex of the radar thermal control systems (TCS).

***Keywords:** active phased antenna array, thermal control system, automatic checkout.*

Комплекс средств является многоканальным устройством, обеспечивающим автоматизированный контроль технических критичных параметров СОТР, определяющих её корректное функционирование в заданных условиях: температуры охлаждающей жидкости; температуры воздуха; температуры составных частей аппаратуры РЛС; величины расхода охлаждаемой жидкости; величины потребляемого тока вентиляторами; величины потребляемого тока насосом; величины расхода воздуха; параметров, характеризующих исправность электронагревателей. Использование комплекса средств автоматизированного контроля в процессе эксплуатации РЛС позволит: обеспечить требуемую степень работоспособности контролируемого оборудования путём предотвращения возникновения неисправностей и аварий в процессе его эксплуатации; реализовать управление режимами работы и организовать защиту оборудования в случае отклонения от заданных условий; получить информацию для выполнения технического обслуживания и ремонта оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Воскресенский Д.И., Канащенков А.И.** Активные фазированные антенные решётки. – М.: Радиотехника, 2004. – 488 с.
2. **Фролков А.И., Кудрин Г.И.** Диагностирование и контроль технического состояния авиационной техники – основа обеспечения её исправности // Журнал Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД). – 2012, октябрь.

AUTOMATIC FUNCTIONING CHECKOUT OF RADAR THERMAL CONTROL SYSTEMS

N.V. Shnurkov, A.V. Rakitin, I.B. Averin, A.D. Eliseev, S.M. Labekin, B.A. Pronyakin

The aids complex is a multichannel unit providing the automatic checkout of the TCS critical technical parameters determining its correct functioning in specified conditions: coolant temperature; air temperature; radar hardware component temperature; coolant flow rate; fans consumption current intensity; pump consumption current intensity; air flow rate; parameters characterizing the electric heating units' serviceability. The automatic control aids complex utilization during the radar operational service will permit: to provide a required performability degree of checked equipment through defects and breakdown prevention during its operation service; to implement operation modes control and organize the equipment protection in case of variations from specified criteria; to receive information for carrying out of the equipment maintenance and repair.

Поступила 15 сентября 2016 года.

УДК 004.032.2

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ЗАДЕРЖЕК ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ В ТРАКТЕ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

© Авторы, 2016

В.К. Шнырёв
начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
В.А. Каширин
начальник СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
А.О. Гапотченко
инженер 3 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье рассматриваются расчёты задержки как один из основных показателей оценки проектируемых комплексов средств автоматизации и подвижных узлов связи для Воздушно-космической обороны.

***Ключевые слова**: задержки передачи информации, тракт передачи данных, модель.*

The article considers the delay calculation as one of the main indicators to estimate the designing complexes of automation systems and mobile communications hubs for the Aerospace defense forces.

***Keywords:** messages transmission delays, data path, model.*

В статье рассматриваются расчёты задержки как один из основных показателей оценки проектируемых комплексов средств автоматизации и подвижных узлов связи для Воздушно-космической обороны.

При эскизном и техническом проектировании новых систем необходимо проводить моделирование для определения минимального количества коммутационных устройств и минимизации задержек передачи информации.

Аналитическая модель для расчёта задержек в тракте передачи сообщений строится за счёт декомпозиции элементов сети передачи данных на модули, состоящие из узлов коммутации сетезависимых уровней эталонной модели Взаимосвязи открытых систем. Узлам коммутации каждого из четырех уровней свойственны определенные постоянные и переменные задержки. Исследуемый тракт передачи сообщений моделируется из набора узлов коммутации и представляется в виде схемы возникновения задержек.

Исходными данными для расчетов являются скорости передачи данных, используемые типы протоколов, размеры сообщений и циклы их передачи.

При расчетах постоянные задержки, возникающие на всех уровнях, суммируются. Переменные задержки на канальном и сетевом уровнях рассчитываются с учётом того, что системой массового обслуживания принимается выходной порт коммутатора второго или третьего уровня. На транспортном уровне за систему массового обслуживания принимается весь исследуемый тракт передачи данных. Итоговая задержка каждого сообщения является суммой постоянных и переменных задержек.

Для расчётов используется программа Mathcad 15, позволяющая анализировать возникновение максимальных задержек при многократном изменении входных параметров, например, длительность кадра, пакета, и т.д.

С помощью представленной аналитической модели имеется возможность определять элементы тракта ПД с большими задержками, заменять их, обосновывать использование на отдельных участках тракта прямых каналов связи вместо узлов коммутации пакетов и минимизировать задержки передачи информации в СТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др.** Технология системного моделирования // под общ. ред. Емельянова С.В. и др. – М.: Машиностроение, Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
2. **Шнырев В.К.** Виды задержек передачи информации в технических средствах подвижных пунктов управления воздушно-космической обороны // III Всероссийская научно-техническая конференция «РТИ Системы ВКО-2015»: труды конференции – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – С.429–436.
3. **Шнырев В.К.** Алгоритм расчёта задержек прохождения информации в технических средствах подвижных пунктов управления Воздушно-космических войск // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, Выпуск 2(10). – С.117–125.
4. **Крук Е.А., Маличенко Д.А.** Расчёт задержки при использовании кодирования на транспортном уровне сети передачи данных // Известия вузов. Приборостроение. – СПб., 2013, Т.56, №8. – С.45–51.
5. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. – М.: Издательство «МИР». 1979. – 600 с.

ANALYTICAL MODEL FOR MESSAGES TRANSMISSION DELAYS CALCULATION IN DATA PATH OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEM

V.K Shnirev, V.A. Kashirin, A.O. Gapotchenko

The article examines the delay calculation as one of the main indicators to estimate the designing complexes of automation systems and mobile communications centers for the Aerospace defense forces.

At sketch and design and development of new systems it's necessary to perform modeling in order to determine the minimal amount of switching devices and minimize the data transmission delays.

The analytical model for delays calculation in data path is performed with respect to elements decomposition of data communications network to modules consisting of switching nodes of Open systems interconnect (OSI) master model network-depending levels. The each of four levels of switching nodes is inherent in certain fixed and variable delays. The examined data path is modeled from a set of switching nodes and has the form of delays initiation scheme.

The reference data for calculation is a data-transfer rate, which use protocol types, data size and transmission cycles.

When calculation is performed the fixed delays arising at all levels are summed. The variable delays at channel and network levels are calculated given that the queueing system takes for the commutator output port of the second or third levels. At transport level the queueing system is counted as the whole examined data path. The resulting delay of each message is a sum of fixed and variable delays.

The Mathcad 15 program is used for calculation permitting to analyze the maximum delays initiation at multiple changes of input parameters, e.g. frame duration, package duration etc.

The proposed analytical model permits to determine data path elements with long delays substitute it, validate the use at separate spacing of direct channels path instead of packages switching nodes and minimize the data transmission delays to the complex technical system (CTS).

Поступила 5 июля 2016 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 004.65

ФУНКЦИОНАЛЬНО-РЕЛЯЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

© Авторы, 2016

И.И. Ковтун *кандидат технических наук, доцент,*
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: Kovtoon@mail.ru
А.В. Цаплин
зам. начальника научно-технического центра, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Обозначены основные проблемы моделирования объектов автоматизации в процессе проектирования и разработки автоматизированных систем управления различного назначения. Представлены основные направления научного исследования, цель которого – разработка в рамках единой методологии математических моделей и формальных методов, позволяющих разрешить обозначенные проблемы.

***Ключевые слова**: автоматизированная система, методология IDEF0, реляционная модель данных, функционально-реляционная методология.*

The article underlines the basic problems of information modeling that usually evolve throughout the phase of development of the automation systems that devoted to software projects control. The article also defines the basic approaches of the ongoing scientific research consisted in mathematical models and formal methods development for resolution of the underlined problems.

***Keywords:** automation system, relational data model, methodology IDEF0, Functional Relational Technique, FRT.*

Одним из требований, предъявляемых к методологии проектирования автоматизированных систем (АС), является наличие эффективного механизма, позволяющего осуществлять многократное описание объекта автоматизации. В качестве приемлемого решения для такого описания могут быть использованы функциональные модели и основанные на них методологии, например, методология IDEF0. Существенным ограничением функциональных моделей является сложность отображения структуры информации проектируемой АС. Как решение, широко используется реляционная модель данных, существенным ограничением которой, в свою очередь, является невозможность наглядного описания функциональной структуры АС. Попытка преодолеть конструктивные ограничения методологии IDEF0 и реляционной модели простым объединением диаграмм, приводит к возникновению ряда проблем.

В статье предлагается вниманию функционально-реляционная методология проектирования АС (**FRT-методология**, **Functional Relational Technique**, **FRT)**, представляющая собой оригинальное решение, направленное на устранение указанного недостатка. Принципиальные аспекты FRT-методологии состоят в следующем – в качестве модели объекта автоматизации предлагается совокупность иерархически упорядоченных и взаимосвязанных диаграмм, построенных в соответствии с методологией IDEF0. Для представления информации на диаграммах используется графический язык IDEF0,

доработанный следующим образом – для функционального блока введены дополнительные признаки – вид блока и база блока, а в качестве механизма могут быть указаны автоматизированные рабочие места (АРМ), создаваемые в рамках проектируемой АС. Построенное таким образом описание, позволяет предопределить пользовательские интерфейсы АРМ посредством предлагаемых в статье правил построения пользовательского интерфейса (правил ППИ).

Представление графических конструкций функционально-реляционной модели данных в рамках реляционной, позволяет получить дополнительный весомый эффект, а именно, использовать формальный аппарат реляционной модели, язык SQL для решения следующих задач:

– строгое описание автоматизированных рабочих мест с целью автоматической генерации их прикладного программного обеспечения;

– анализ объекта автоматизации с целью оптимизации движения материальных и информационных потоков, а также структуры проектируемой АС.

В статье также обоснованы следующие направления дальнейшего исследования:

– формализация функционально-реляционной модели, сведение ее конструкций к хорошо известным формальным системам;

– расширение множества правил ППИ. Формализация таких правил;

– систематизация процесса анализа объекта автоматизации, разработка новых и формализация имеющихся критериев оценки для осуществления такого анализа.

Доработанная указанным образом, FRT-методология может быть предложена к апробации в процессе проектирования типовых АС с выработкой рекомендаций по применению накопленного опыта в процессе проектирования специальных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД IDEF0-2000. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. Издание официальное. Госстандарт России. Москва.
2. *Integration Definition for Function Modeling (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication* 183, 1993 December 21.
3. **Ньюэлл Майкл В.** Управление проектами для профессионалов. Руководство по подготовке к сдаче сертификационного экзамена. – «КУДИЦ-ПРЕСС», 2008. – С.416.
4. **Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г.** Управление проектами: учебное пособие. – 10-е изд., стер. – М.: Омега–Л, 2014.
5. **Мейер Д.** Теория реляционных баз данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 608 с., ил.
6. ***Codd E.F.*** A *Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. CACM* 13, № (June 1970). *Republished in Milestones of Research – Selected Papers* 1958-1982 (CACM 25th *Anniversary Issue*), CACM 26, №1 (*January* 1983).
7. **Ковтун И.И.** Теория и практика проектирования информационных систем. Монография. – М.: МАБИУ, 2011. – 149 с.
8. **Ковтун И.И.** Принципиальные решения функционально-реляционной методологии проектирования автоматизированных систем // Журнал «Информатизация и связь». – Автономная некоммерческая организация «Редакция журнала «Информатизация и связь», 2013, № 3. – С.47–55.

THE FUNCTIONAL RELATIONAL TECHNIQUE FOR INFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT

I.I. Kovtun, A.V. Tsaplin

One of the requirements to the methodologies intended for designing of automation systems is an ability to maintain an affective mechanism for multiple description of automation subject. As a feasible solution for the description, the functional models can be used, e.g. the IDEF0-technique. Meaningful constraint of functional models is the impossibility to describe information structure of a developing automation system. As a solution, the relational data model is widely used, a serious constraint of which in its turn consists in impossibility of illustrative description of the automation system functional structure. An attempt to overcome the designing constraints of IDEF0-technique and the relational model by diagrams union lead to a set of problems.

The article proposes the Functional Relational Technique (FRT, FRT-technique) of the automation systems designing, which consisted in the following. As an automation subject model, it proposes the array of hierarchically ordered and interrelated diagrams formed in accordance with the IDEF0-technique. For information mapping the IDEF0 graphic language on diagrams is used. However, it is improved in the following way – additional features were added into the functional block, namely, block view and block base. Moreover, as a mechanism the automated work places can be widely used. The description, formed in such way, permits to predetermine user interfaces of automated work places throughout the proposed in the article set of rules for user interfaces production.

The ability to describe the functional-relational model by the relational one permits to obtain the additional important effect, namely, to use formal apparatus of relational model and the SQL language to solve the following problems:

1. Strict description of automated work places intended for production of automatically generated code of their application software.

2. Automation subject analysis intended for optimization of mass and data flows and automation subject designing structure.

The article also validates the following directions for further research:

1. Formalization of the functional-relational model and modelling of its constructions by the well-known formal systems.

2. Creation of new rules for user interfaces production. Their formalization.

3. Systematization of automation subject analysis process, development of new and formalization of existing estimation criteria for performance such analysis.

Improved by the mentioned suggestions FRT-technique can be proposed for using in the process of typical automation systems designing with following recommendations to use it in the process of special-purpose systems construction.

Поступила 4 августа 2016 года.

УДК 338.2

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОКР НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК

© Авторы, 2016

Н.С. Трушина *кандидат технических наук,*
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
Т.А. Лисюткина
зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

В статье предложена организационная структура проекта по реализации ОКР, которая позволит использовать методы проектного управления в процессе выполнения ОКР, учитывая при этом требования государственных стандартов и существующую организационную структуру предприятия оборонно-промышленного комплекса.

***Ключевые слова**: проект ОКР, методы проектного управления ОКР, организационная структура проекта, распределение ролей.*

The article proposes the project organizational structure for research and development (R&D) utilization which permits to use the project management methods during R&D works performance, considering herein the government standards and existing organizational structure of the military-industrial complex enterprise.

***Keywords:** R&D project, R&D project management methods, project organizational structure, functions breakdown.*

Значительную долю выпускаемой предприятиями оборонно-промышленного комплекса (ОПК) продукции составляют результаты опытно-конструкторских работ (ОКР). Выполнение ОКР, в том числе по созданию вооружения и военной техники (ВВТ), является проектной деятельностью. В статье предложена схема организационной структуры проекта по выполнению ОКР, основанная на проектном подходе, учитывающая требования государственных стандартов по порядку выполнения ОКР и направленная на повышение эффективности производственной деятельности. Приведены факторы среды промышленного предприятия, которые необходимо учитывать при выборе организационной структуры проекта. Описана роль менеджера проекта, в задачи которого входит управление всем процессом выполнения проекта. Приводятся различия между менеджером проекта и линейным менеджером. На основании анализа форм организационных структур предприятия путём комплексирования предложенных подходов и с учётом традиционной функциональной организационной структуры, принятой на предприятиях ОПК, в статье предлагается введение проектных ролей, используемых при выполнении ОКР. Приведён общий перечень обязанностей для каждой проектной роли. Предлагаемое распределение ролей позволит, с одной стороны, учесть плюсы проектного управления, с другой стороны, в достаточной степени использовать преимущества функциональной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK), 2008, *Project Management Institute*, четвертое издание.
2. **Ильин В.В.** По ту сторону проектов. Записки консультанта – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.-376 с.
3. **Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г.** Управление проектами: Учебное пособие / под общ. ред. И.И. Мазура. – 2-е изд. – М.: Омега-Л, 2004. –664 с.
4. ГОСТ РВ 15.203-2001. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Основные положения.
5. **Рогозин Д.О., Шеремет И.А., Гарбук С.В., Губинский А.М.** Высокие технологии в США: Опыт министерства обороны и других ведомств. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – 384 с.

APPLICATION OF PROJECT MANAGEMENT METHODS DURING RESEARCH AND DEVELOPMENT WORKS AT MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES

N.S. Trushina, T.A. Lisyutkina

A large proportion of the military-industrial complex (MIC) manufacturing products are the research and development (R&D) results. The R&D performance, as of development of weapons and military equipment (WME), is a project activity. The article proposes the project organization chart on R&D works performance which is based on project approach and considering the state standards requirements on R&D works procedure and directed on efficiency upgrading in manufacturing activity. The industrial enterprise environment factors were stated which are necessary to be accounted at selection of the project organization chart. The project manager function (role) is described, whose tasks are to manage all the project process implementation. The differences between the project manager and the linear manager are stated. Based on forms analysis of the enterprise organizational structures via integration of suggested approaches and with respect to the traditional functional organizational structure, adopted by the MIC enterprises, the article proposes the introduction of new project roles having employed during R&D works performance. The common duty list is presented for each project role. The suggested functions distribution will permit from one hand to consider the project management advantages, and from another hand – to adequately use advantages of the functional structure.

Поступила 20 июля 2016 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 623.9/623.942

РАЗРАБОТКА ВМС США РАКЕТЫ-ПЕРЕХВАТЧИКА SM-6, СПОСОБНОЙ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПЕРЕХВАТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ, БАЛЛИСТИЧЕСКИХ И НАДВОДНЫХ ЦЕЛЕЙ

© Авторы, 2016

А.Е. Свистунов
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
Н.А. Малеева
ведущий аналитик отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
О.С. Черкашина
аналитик отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье представлены возможности эшелонов ПВО-ПРО боевых кораблей ВМС США, обеспечивающих перехват аэродинамических целей и БР вероятного противника на конечном участке траектории полёта ракетами-перехватчиками серии SM. Рассматривается процесс разработки ПР, проведённые стрельбовые испытания ПР SM-6 с задействованием системы NIFC-CA, размещённых на эскадренных миноносцах, оборудованных системой AEGIS. Уточняются модификации, планы размещения и закупок ПР, дополнительные возможности перехвата целей.

***Ключевые слова**: система ПРО, многофункциональная система управления оружием Aegis, ракета-перехватчик, стрельбовые испытания, целеуказание.*

The article considers the US Navy combat ships Air and Missile Defense layers potential, providing the terminal engagement of aerodynamic and ballistic targets with SM-series interceptors. The interceptors development process, SM-6 interceptor firing tests with NIFC-CA system involvement, deployed on AEGIS system equipped destroyers are examined. The interceptor modifications, acquisition and installation plans, and additional targets interception capabilities are clarified.

***Keywords**: missile defense system, Aegis BMD Weapon System (AWS), interceptor, firing tests, target designation.*

Защита боевых кораблей ВМС США от удара баллистических ракет (БР) противника обеспечивается двумя эшелонами ПРО. Первый (верхний) эшелон ПРО функционирует за счет корабельной системы ПРО AEGIS, осуществляющей перехват БР вероятного противника на среднем и конечном участках траектории их полёта посредством запуска противоракет (ПР) серии SM-3 (*Block* IA, *Block* IB и в перспективе *Block* IIA). Руководство ВМС США при поддержке Агентства ПРО США активно развивало концепцию второго (нижнего) эшелона ПРО боевых кораблей SBT (*Sea-based Terminal*), то есть перехвата аэродинамических целей и БР вероятного противника на конечном участке траектории полёта.

Противоракета SM-6 является одним из ключевых компонентов системы NIFC-CA (*Naval Integrated Fire Control – Counter Air*), позволяющей использовать данные целеуказания от удаленных датчиков, например от тактической системы электронной разведки воздушного базирования USN E-2D *Advanced Hawkeye*, для идентификации цели за пределами видимости штатной корабельной РЛС системы AEGIS (*Baseline* 9) AN/SPY-1D(V).

Проводятся стрельбовые испытания ПР SM-6 в рамках программы SBT, а также с задействованием системы NIFC-CA (информационная поддержка РЛС AN/TPY-2 передового базирования и датчиков КА группировки STSS, *Space Tracking and Surveillance System),* в ходе которых был продемонстрирован успешный перехват мишеней, имитирующих аэродинамические цели, баллистические ракеты малой дальности и крылатые ракеты. В рамках программы эксплуатационных испытаний и оценки эффективности усовершенствованной модификации ПР SM-6 проводилась серия стрельбовых испытаний с различными сценариями: загоризонтный перехват мишеней ПР, запущенными с одного эсминца по целеуказанию, полученному от другого эсминца; перехват мишени на максимальной наклонной дальности, а также на максимальной боковой дальности; залповый пуск ПР SM-6 для поражения двух мишеней; поражение мишени в условиях радиоэлектронного подавления; отработка сценария в качестве противокорабельной баллистической ракеты.

Таким образом, ВМС США совместно с Агентством ПРО осуществляют разработку ПР SM-6, способной осуществлять перехват низколетящих аэродинамических и баллистических целей на дальности до 400 км над морем и над сушей, а также надводных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. 2014 *Assessment of the DMDS. Director, Operational Test and Evaluation. March* 2015.
2. *Department of Defense, «Navy Area Missile Defense Program Cancelled», News Release, December* 14, 2001.
3. ***Jason Sherman***. *Navy, Raytheon Ready New Satellite-Guided, Standard Missile-6 Variant, Inside the Pentagon, July* 3, 2014.
4. ***Jason Sherman.*** *Aegis-Guided SM-6 Interceptor Shoots Down Ballistic Target, Inside Missile Defense, August* 4, 2015.
5. *Department of Defense FY 2017 President's Budget Submission. Navy*. RDT&E.
6. *Department of Defense FY 2017 President's Budget Submission. Navy. Weapons Procurement*.
7. *Defense Acquisitions. Assessments of Selected Weapon Programs, GAO*, 2016.
8. ***Raytheon News.*** *US Navy links Standard Missile-6 with F-35 Joint Strike Fighter in first-of-a-kind flight test, September* 14, 2016.
9. *SM-6 Testing Displays Missile's Range, Versatility, Story number*: NNS160204-28. *URL: http://www.navy.mil*.

US NAVY DEVELOPMENT OF SM-6 INTERCEPTOR CAPABLE TO ENGAGE AERODYNAMIC, BALLISTIC AND SURFACE TARGETS

A.E. Svistunov, N.A. Maleeva, O.S. Cherkashina

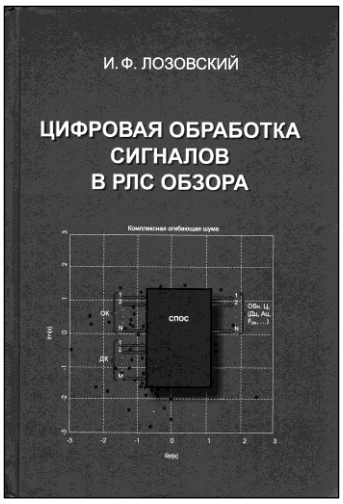
The US Navy combat ships shield against enemy ballistic missiles (BM) is provided by two missile defense layers. The First (upper) BMD layer operates through Aegis BMD Weapon System performing BMs interception at midcourse and terminal phase by SM-3 series interceptors (Block IA, Block IB and Block IIA in perspective). The US Navy backed-up by the Missile Defense Agency actively developed a concept of the Second (lower) BMD layer of combat ships SBT (Sea-based Terminal) i.e. terminal phase interception of the enemy aerodynamic and ballistic targets. The SM-6 interceptor is one of the key components of NIFC-CA (Naval Integrated Fire Control – Counter Air) system, providing to use target designation data from remote sensors, e.g. from airborne tactical electronic reconnaissance system USN E-2D Advanced Hawkeye, for target identification beyond visual range of standard Aegis (Baseline 9) BMD system AN/SPY-1D(V) radar.

The SM-6 interceptor firing tests are carried out in the framework of SBT program, and with NIFC-CA system involvement (data support from forward-based AN/TPY-2 radar and STSS /Space Tracking and Surveillance System/ sensor), which demonstrate successful interception of targets simulating the flight of aerodynamic targets, short-range ballistic and cruise missiles. Under the SM-6 interceptor upgraded version operational test

and evaluation program a series of firing tests were conducted so far in different scenarios: over-the-horizon target engagement by interceptors launched from one destroyer with target data designation from another destroyer; target interception at maximum slant range and at maximum cross range; SM-6 salvo firing to intercept two types of targets; target interception under electromagnetic countermeasures; SM-6 scenario implementation as antiship ballistic missile. Therefore, the US Navy jointly with the Missile Defense Agency provides the SM-6 interceptor development capable to intercept low-flying aerodynamic and ballistic targets at range up to 400 km above sea and land, and surface targets as welll.

Поступила 18 ноября 2016 года.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ

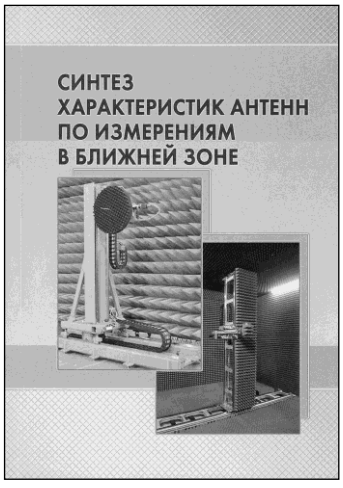


Лозовский И.Ф. Цифровая обработка сигналов в РЛС обзора. Монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 270 с.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор А.А. Спектор, д-р техн. наук, профессор В.И. Носов.

В книге рассмотрено построение и характеристики цифровых систем первичной обработки радиолокационных сигналов и входящих в них функциональных блоков – согласованных фильтров, чересперiодных компенсаторов, адаптивных обнаружителей и т.п. Приведены алгоритмы цифровой обработки сигналов и их структурные схемы, результаты расчётов характеристик. Рассматриваются как реализованные в существующих РЛС обзора методы цифровой обработки сигналов, так и перспективные, реализация которых становится практически возможной с учётом появления таких средств, как цифровые сигнальные процессоры и программируемые логические интегральные схемы. Предлагается использовать новые виды сигналов (нелинейной частотной модуляции – НЧМ, периодической частотной модуляции – ПЧМ, пачечные) и усовершенствованные алгоритмы обработки: обнаружитель с управляемым частотным порогом, адаптивный к параметрам протяженных помех обнаружитель сигналов и т.д. Исследуются вопросы реализации в системе таких элементов пространственной обработки, как цифровой многоканальный автокомпенсатор помех, обеспечивающий подавление как непрерывных, так и импульсных помех, моноимпульсный измеритель угловых координат с повышенной точностью, подавление боковых лепестков диаграммы направленности антенны с помощью некогерентного канала с идентичной когерентной обработкой сигналов.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся разработкой радиолокационной техники, может быть полезна студентам и аспирантам радиотехнических специальностей.



Антохина Ю.А., Крячко А.Ф., Ковалев А.С., Бабуров С.В. и др. Синтез характеристик антенн по измерениям в ближней зоне. Монография / под ред. Ю.Г. Шатракова. – СПб.: ГУ АП, 2016. – 309 с.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор Алдошин В.М., д-р техн. наук, профессор А.В. Гориш.

В книге рассматриваются вопросы измерения радиотехнических характеристик антенн и синтез характеристик антенн по результатам измерений в ближнем поле. Приведены и с системных позиций оценены специализированные пакеты прикладных программ, которые специалисты используют для создания антенн. Приводятся результаты по созданию специализированных стендов для измерения характеристик антенн в ближнем поле.

В основу монографии положены результаты исследований авторов при создании антенн и антенно-фидерных систем для широкого класса летательных аппаратов, наземных, корабельных и космических комплексов. В монографию включены отдельные материалы лекций, которые авторы читают в ведущих университетах страны.

Книга предназначена для студентов радиотехнических университетов, аспирантов, адъюнктов и специалистов, чья деятельность связана с созданием антенных систем для радиотехнических комплексов.