

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 2(26), 2020 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:

Б.М. Вовшин, д-р техн. наук

М.А. Горбачёв, д-р техн. наук

Б.Н. Горевич, д-р техн. наук, профессор

Н.С. Губонин, д-р техн. наук, профессор

А.И. Даниленко, д-р техн. наук

М.В. Жестев, канд. техн. наук

А.А. Жилев, д-р 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

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

А.А. Трухачев, д-р техн. наук

Ю.Г. Шатраков, д-р техн. наук, профессор

Технический редактор: М.А. Лайков

Корректор: А.Н. Борзова

Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22

доб. 5-51-16, 5-51-15, 5-51-11, 1-16-00

E-mail: aspirantura@gskb.ru

izd.group@gskb.ru

► **Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО**

П.А. Кохно, А.П. Кохно

Модели, методы и механизмы выбора перспективных проектов

ракетно-космической промышленности 6

► **Применение сил и средств ВКО**

А.Р. Бестугин, Н.Н. Гулятьев, В.П. Рачков, А.Д. Филин

Имитационная модель авиационных средств

для использования в виртуальных электронных полигонах 19

Н.Н. Литвинов, А.М. Лаврентьев

Методологические особенности повышения скрытности

радиолокационных станций 27

В.И. Лобейко

Модели поведения высокоманевренных воздушных объектов

в характерных точках траектории на основе априорных зависимостей 33

А.А. Поздняков

Методика совместного обнаружения и сопровождения целей

при наличии помех 39

► **Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ**

С.В. Андреев, С.В. Шалашов, А.В. Ключников

Восстановление работы инерциальной навигационной системы

после сбоев аппаратуры 48

А.А. Арешкин

Способ оптимизации изготовления микрополосковых СВЧ-устройств

радиолокационного приёмника по параметру электромагнитных потерь .. 58

С.Б. Жиронкин, В.О. Черваков, А.Р. Курныков

Оптимальный учёт текущей достоверности

в радиосистемах с двухэтапным принятием решений 67

В.А. Ковешников, А.Я. Мехтиев, А.А. Зубарев, О.Ю. Шевцов

Построение и анализ критериев оптимальности распределения

литерных частот радиолокационных станций

боевых машин батареи 74

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ПАО «НПО «Алмаз», 2020 г.
№ 2(26). С. 1–132

Подписано в печать 29.06.2020 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 166256

Отпечатано в ООО «Издательство Юлиус»
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», 2020

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

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

В.С. Оконешников, К.К. Севостьянов
*Сжатие сверхширокополосного сигнала с частотной модуляцией
и косинусным спектром* 84

С.В. Петренко, А.В. Зибров
*Модель и алгоритм определения продольного интервала
между воздушными судами на посадочном курсе
с учётом разницы скоростей воздушных судов* 90

Ф.К. Поволоцкий, Т.П. Сидорова
*Моноимпульсное пеленгование цели
без использования разностных диаграмм направленности* 97

А.А. Трухачев
*Устранение неоднозначности измерений при применении
прямоугольных импульсов с периодической фазокодовой манипуляцией* 104

► Прикладные задачи применения информационных технологий

П.А. Кохно
*Модели данных информационных систем
оборонно-промышленного комплекса* 110

Г.В. Светлов, С.С. Кукушкин
*Методы повышения эффективности
информационно-измерительного обеспечения испытаний
и боевого применения современных образцов вооружения,
военной и специальной техники* 121

► Аналитические исследования зарубежного опыта

А.Е. Свистунов, Н.А. Малеева
*Перспективы оснащения системы ПРО AEGIS ASHORE,
развёртываемой на территории Японии,
радиолокационной станцией AN/SPY-7* 127

► Научные рецензии и отзывы 132

CONTENTS

► Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

P.A. Kokhno, A.P. Kokhno

*Models, methods and mechanisms of the choice
of perspective projects of the space-rocket industry* 6

► Aerospace defense systems and components application

A.R. Bestugin, N.N. Gulyaev, V.P. Rachkov, A.D. Filin

Simulation model of TSA for use in virtual electronic polygons 19

N.N. Litvinov, A.M. Lawrent'ev

Methodological features of increasing the stealth of radar stations 27

V.I. Lobeyko

*Models of behavior of high-maneuverable air objects in characteristic points
of a trajectory on the basis of aprioristic dependence* 33

A.A. Pozdnyakov

Method of joint detection and tracking targets in the noise 39

► Design-engineering and technological research works

S.V. Andreev, S.V. Shalashov, A.V. Klyuchnikov

The inertial navigation system recovery after failure 48

A.A. Areshkin

*Optimization of micro-strip RF devices for radio-location receiver through
the parameter of electromagnetic losses* 58

S.B. Zhironkin, V.O. Chervakov, A.R. Kurnykov

*Optimum accounting of current reliability
in radio systems with two-stage decision-making* 67

V.A. Koveshnikov, A.Ya. Mekhtiev, A.A. Zubarev, O.Yu. Shevtsov

*Development and analysis of the optimality criteria
for combat vehicle radar frequency distribution* 74

V.S. Okoneshnikov, K.K. Sevostiyarov

*Compression of ultra-wideband frequency modulated signal
with cosine spectrum* 84

S.V. Petrenko, A.V. Zibrov

*Model and algorithm for determining
the longitudinal interval between aircraft in the landing pattern based
on the difference of the speeds of aircraft* 90

F.K. Povolotskii, T.P. Sidorova

Monopulse direction finding without difference patterns 97

A.A. Trukhachev

*Elimination of ambiguity of measurements at application
of rectangular binary phase-coded pulses with the periodic code sequence* 104

IT applied application tasks

P.A. Kokhno

Models of these information systems of defense industry complex 110

G.V. Svetlov, S.S. Kukushkin

*Methods for improving efficiency of information
and measurement support for testing and battle application
of models samples of weapons, military and special equipment 121*

► Foreign experience analytic research

A.E. Svistunov, N.A. Maleeva

*AN/SPY-7 radar installation prospects on AEGIS ASHORE
missile defense system in Japan 127*

► Scientific reviews and reference.....132

*Полный список опубликованных номеров журнала Вы можете увидеть на сайте
<http://www.raspletin.com/notes>*

Распоряжением Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28.12.2018 года № 90-р журнал «**Вестник воздушно-космической обороны**» включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

URL: <http://www.vak.ed.gov.ru/documents/10179/0/Приложение.pdf>.

Включён в перечень ВАК по группам научных специальностей:

05.12.00 – Радиотехника и связь;

05.27.00 – Электроника.



С ПРАЗДНИКОМ ПОБЕДЫ!

Всё дальше в историю уходят тяжёлые годы ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ. Войны, отмеченной сверхчеловеческим напряжением всего народа, Войны, навеки сохранившей в наших сердцах подвиг победителей, Войны, принесшей огромные жертвы, память о которых живет и будет жить вечно.

Сегодня мы говорим спасибо ветеранам, воинам фронта и труженикам тыла. Мы благодарим их за стойкость и мужество, за патриотизм и преданность РОДИНЕ, за героизм и нечеловеческие усилия, приведшие к ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЕ.

Дорогие ветераны!

День победы стал святым для каждого из нас!

Это день нашей общей памяти, это день великого подвига. С глубоким почтением и скорбью мы склоняем головы перед павшими на полях сражений этой самой кровопролитной из войн.

В знаменательную годовщину **75-летия ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ** организация-учредитель, редакционная коллегия и авторы журнала «Вестник воздушно-космической обороны» выражают Вам самые горячие и искренние поздравления с пожеланием доброго здоровья, долголетия, благополучия и мирного неба!



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



1945 – 2020

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 338

МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И МЕХАНИЗМЫ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© Авторы, 2020

П.А. Кохно доктор экономических наук, профессор,
зам. директора по научно-исследовательской деятельности Автономной некоммерческой организации
«Содействие и развитие инноваций в научно-производственной сфере», г. Москва
E-mail: ravelkohno@mail.ru

А.П. Кохно кандидат экономических наук,
научный консультант Автономной некоммерческой организации
«Содействие и развитие инноваций в научно-производственной сфере», г. Москва

В статье рассмотрены модели и методы оценки стратегической эффективности инновационного проекта по созданию высокотехнологичной продукции в ракетно-космической промышленности, так как она объединяет в себе весь цикл производства от проектирования до сборки техники, а также производство запасных частей, агрегатов, послепродажное и сервисное обслуживание и обладает уникальной базой научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Предложен механизм оценки стратегической эффективности проекта, особенностью которого является обеспечение возможности планировать направления развития технологической, материальной, кадровой, сервисной структурных характеристик, анализировать эффективность проекта и принимать управленческие решения по организации производства конструктивных элементов изделий с учётом странового риска, прогнозировать повышение ценности проекта за счёт учёта влияния структурных характеристик на реализацию смежных проектов, а также на развитие промышленности в целом.

Ключевые слова: ракетно-космическая промышленность, высокотехнологичная продукция, стратегическая эффективность, инновационный проект, оптимизационные модели, методы управления, структурные характеристики, страновые риски.

In article models and methods of assessment of strategic efficiency of the innovative project on creation of hi-tech products in the space-rocket industry as it unites in itself all cycle of production from design before assembly of the equipment and also production of spare parts, units are considered, after-sale and service also has unique base of research and development.

The mechanism of assessment of strategic efficiency of the project which feature is the possibility is offered to plan the directions of development of technological, material, personnel, service structural characteristics, to analyze efficiency of the project and to make management decisions on the organization of production of structural elements of products taking into account country risk, to predict increase in value of the project due to taking note of structural characteristics on implementation of adjacent projects and also on industry development in general.

Keywords: space-rocket industry, hi-tech products, strategic efficiency, innovative project, optimizing models, methods of management, structural characteristics, country risks.

В статье рассмотрены модели и методы оценки стратегической эффективности инновационного проекта по созданию высокотехнологичной продукции в ракетно-космической промышленности, так как она объединяет в себе весь цикл производства от проектирования до

сборки техники, а также производство запасных частей, агрегатов, послепродажное и сервисное обслуживание и обладает уникальной базой научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Предложен механизм оценки стратегической эффективности проекта, особенностью которого является обеспечение возможности планировать направления развития технологической, материальной, кадровой, сервисной структурных характеристик, анализировать эффективность проекта и принимать управленческие решения по организации производства конструктивных элементов изделий с учётом странового риска, прогнозировать повышение ценности проекта за счёт учёта влияния структурных характеристик на реализацию смежных проектов, а также на развитие промышленности в целом

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов Б.И., Попова Г.Л., Злобина Н.В. Основы теории системного анализа: качество и выбор: учеб. пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с.
2. Сеялова Г.С. Организационно-экономический механизм управления предприятиями: монография. – Оренбург: ОГУ, 2006. – 139 с.
3. Кохно П.А., Голубчиков С.В. Ракетно-космическая техника России на рынке мировых космических услуг // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск 2(18). – С.7–14.
4. Кохно П.А., Вейко А.В. Синтез программных мероприятий рынка ракетно-космической продукции // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2016, №2. – С.3–17.
5. Кохно П.А., Вейко А.В. Экономический механизм развития ракетно-космической отрасли // Общество и экономика. – 2016, №9. – С.75–104.
6. Кохно П.А., Вейко А.В. Финансовая оптимизация российского рынка ракетно-космической продукции // Финансовый бизнес. – 2016, №4. – С.30–42.
7. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 2012. – 126 с.
8. Майорова Н.Л., Глазков Д.В. Методы оптимизации: учеб. пособие. – Ярославль: Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова, 2015. – 112 с.
9. Вейко А.В., Кохно П.А. Экономика ракетно-космической отрасли: монография. – Saarbrücken, Deutschland / Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. – 244 с.
10. Кохно П.А., Кохно А.П., Артемьев А.А. Динамичные нефтегазовые компании: монография / отв. ред. д.э.н., проф. П.А. Кохно. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2019. – 292 с.
11. Кохно П.А., Ситников С.Е. Управление инвестиционными возможностями высокотехнологичных предприятий // Проблемы теории и практики управления. – 2018, №10. – С.135–144.
12. Кохно П.А., Серов Н.В. Производственное позиционирование: монография / отв. ред. д.э.н., проф. П.А. Кохно. – М.: Граница, 2019. – 352 с.
13. Матвеевский В.Р. Надёжность технических систем: учеб. пособие. – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2003 (ООП ин-та). – 113 с.
14. Фостер Р., Каплан С. Созидательное разрушение: почему компании, «построенные навечно», показывают не лучшие результаты и что надо сделать, чтобы поднять их эффективность / пер. с англ. И. Козыря. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005 (ГУП ИПК Ульяновский Дом печати). – 377 с.
15. Берг Д.Б., Ульянова Е.А., Добряк П.В. Модели жизненного цикла: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 230700 «Прикладная информатика», «Бизнес-информатика». – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2014. – 74 с. – Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28886/1/978-5-7996-1311-2_2014.pdf.
16. Кохно П.А., Кохно А.П. Концептуальная модель инвестиционно-инновационной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса в Ежегоднике: Россия: Тенденции и перспективы развития. Вып. 14 / РАН ИНИОН отд. науч. сотрудничества // отв. ред. В.И. Герасимов. – М., 2019, Ч.1. – С.514–520.
17. Ленчук Е.Б. Курс на новую индустриализацию – глобальный тренд экономического развития // Проблемы прогнозирования. – 2016, №3. – С.132–143.
18. Комков Н.И., Кулакин Г.К. Технологические инновации: создание, применение, результаты // Проблемы прогнозирования. – 2018, №5. – С.137–154.
19. Кохно П.А., Кохно А.П., Лясников Н.В. Корпоративная экономика информационных систем: монография / под ред. проф. П.А. Кохно. – М.: РУСАЙНС, 2018. – 274 с.
20. Кохно П.А., Кохно А.П., Лясников Н.В. Корпоративная экономика государственных заказов: монография / под ред. проф. П.А. Кохно. – М.: РУСАЙНС, 2017. – 258 с.

MODELS, METHODS AND MECHANISMS OF THE CHOICE OF PERSPECTIVE PROJECTS OF THE SPACE-ROCKET INDUSTRY

P.A. Kokhno, A.P. Kokhno

In article models and methods of assessment of strategic efficiency of the innovative project on creation of hi-tech products in the space-rocket industry as it unites in itself all cycle of production from design before assembly of the equipment and also production of spare parts, units are considered, after-sale and service also has unique base of research and development. The mechanism of assessment of strategic efficiency of the project which feature is the possibility is offered to plan the directions of development of technological, material, personnel, service structural characteristics, to analyze efficiency of the project and to make management decisions on the organization of production of structural elements of products taking into account country risk, to predict increase in value of the project due to taking note of structural characteristics on implementation of adjacent projects and also on industry development in general.

Поступила 19 декабря 2019 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 531.814:621.38

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВИРТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОЛИГОНАХ

© Авторы, 2020

А.Р. Бестугин доктор технических наук, профессор,
директор института радиотехники, электроники и связи, ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: zlata@aanet.ru

Н.Н. Гулятьев
инженер-исследователь базовой кафедры, ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: vprevp@jandex.ru

В.П. Рачков кандидат технических наук,
доцент базовой кафедры, ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: vprevp@jandex.ru

А.Д. Филин доктор технических наук,
профессор ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: fadadf@rambler.ru

В работе рассматривается актуальное направление развития имитационного моделирования авиационных средств поражения при создании виртуальных авиационных электронных полигонов для подготовки лётного состава и специалистов боевого управления авиацией в условиях, адекватных реальным, с условным применением неуправляемых авиационных ракет. Представлен способ моделирования неуправляемых авиационных ракет, который учитывает начальный угол нутации при вычислении координат падения ракеты, и за счёт этого повышая его адекватность.

Ключевые слова: виртуальный электронный полигон, авиационные средства поражения, неуправляемые авиационные ракеты, баллистические алгоритмы.

The paper discusses the current direction of the development of simulation aircraft weapons when you create virtual avionics polygons for training of flight personnel and specialists combat control of aircraft in the conditions adequate to the real with the conventional use of unguided missiles. A method for modeling unguided aircraft missiles is presented, which takes into account the initial nutation angle when calculating the coordinates of the missile fall, and thereby increasing its adequacy.

Keywords: virtual electronic test site, aviation means of control, unguided aviation missiles, ballistic algorithms.

В настоящее время в ВВС РФ, для практической подготовки летного состава и специалистов боевого управления авиацией разрабатываются виртуальные авиационные электронные полигоны (ВЭП), которые обеспечивают отработку различных задач в условиях моделируемого маневренного, огневого и радиоэлектронного противодействия. При этом весьма актуальна проблема создания комплекса моделей адекватно отражающих развитие тактической обстановки на условном моделируемом театре тактической обстановки в том числе с применением авиационных средств поражения (АСП).

В работе рассматривается актуальное направление развития имитационного моделирования авиационных средств поражения при создании виртуальных авиационных электронных полигонов. В результате исследований показано, что для повышения точности модели расчета точки падения НАР, необходимо усовершенствовать используемый математический аппарат баллистических алгоритмов с учетом накладываемых координатных, временных и вычислительных ограничений. Представлен способ моделирования неуправляемых авиационных ракет, который учитывает начальный угол нутации при вычислении координат падения ракеты, и за счет этого повышая его адекватность. Показано, что для повышения адекватности моделирования АСП при создании авиационных ВЭП и ТМК необходимо в модель прицеливания вводить координаты РНТ или ППМ точки пуска ракет.

Работа выполнена при поддержке фонда Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 20-07-00437-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Филин А.Д., Рачков В.П., Шатраков Ю.Г.** Виртуальные авиационные электронные полигоны – состояние и тенденции развития // Журнал «Вестник Воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск 4(20). – С.109–123.
2. **Филин А.Д., Бестугин А.Р., Рачков В.П., Шатраков Ю.Г.** Исследования вопросов методического обеспечения функционирования автоматизированных комплексов летно-тактической подготовки – электронных полигонов // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 4(24). – С.51–58.
3. **Филин А.Д., Бестугин А.Р., Рачков В.П., Шатраков Ю.Г. и др.** Инновационно-когнитивная концепция развития обучающих средств в авиации // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск 1(13). – С.23–28.
4. **Филин А.Д.** Перспективные учебно-тренировочные комплексы для организации оперативно-тактической подготовки в военно-воздушных силах // Сборник научных трудов «Новые технологии». – М.: РАН, Межрегиональный совет по науке и технологиям, 2013. – С.177–183.
5. **Бестугин А.Р., Рачков В.П., Шатраков Ю.Г.** Развитие системы подготовки летных экипажей и специалистов боевого управления авиационных частей // Журнал «Вестник Воздушно-космической обороны». – М.: ОАО «ГСКБ Концерн ПВО «Алмаз-Антей», 2013, №1. – С.12–24.
6. Комплексы авиационного вооружения / под ред. Конуркина В.А. – М.: Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2005. – 947 с.
7. **Постников А.Г.** Внешняя баллистика неуправляемых авиационных снарядов. – М.: Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2003. – 396 с.
8. **Постников А.Г., Чуйко В.С.** Методы решения прикладных задачи внешней баллистики. – М.: Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1979. – 162 с.
9. **Волков Е.А.** Численные методы: учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, исп. – М.: «Наука», 1987. – 270 с.
10. Авиационные неуправляемые средства поражения / под ред. Р.С. Саркисяна. – М.: Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1980. – 368 с.

SIMULATION MODEL OF TSA FOR USE IN VIRTUAL ELECTRONIC POLYGONS

A.R. Bestugin, N.N. Gulyaev, V.P. Rachkov, A.D. Filin

Currently, the Russian air force, for practical training of flight personnel and specialists of combat aviation management, is developing virtual aviation electronic test sites (VEP), which provide testing of various tasks in the conditions of simulated maneuvering, fire and electronic counteraction. At the same time, the problem of creating a set of models that adequately reflect the development of the tactical situation in the simulated theater of the tactical situation, including the use of aviation weapons of destruction (ASP), is very urgent.

The paper considers the current direction of development of simulation modeling of aviation weapons of destruction in the creation of virtual aviation electron polygons. As a result of research, it is shown that in order to improve the accuracy of the model for calculating the point of incidence of NAR, it is necessary to improve the used mathematical apparatus of ballistic algorithms, taking into account the imposed coordinate, time and computational constraints. A method for modeling unguided aircraft missiles is presented, which takes into account the initial nutation angle when calculating the coordinates of the missile fall, and thereby increasing its adequacy. It is shown that in order to improve the adequacy of the TSA modeling when creating aviation VEP and TMC, it is necessary to enter the coordinates of the RNT or PPM of the missile launch point into the aiming model.

Поступила 7 февраля 2020 года.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ СКРЫТНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

© Авторы, 2020

Н.Н. Литвинов кандидат технических наук,
преподаватель кафедры автоматики и вычислительных средств, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль
E-mail: LitvinovNN@bk.ru

А.М. Лаврентьев доктор технических наук, профессор,
начальник кафедры радиотехнических систем, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль
E-mail: lawrents@rambler.ru

Рассмотрены особенности задачи повышения скрытности радиолокационных станций, связанные со спецификой функционирования средств радиотехнической разведки. Приведена градация бортовых средств радиотехнической разведки, отвечающая современному уровню развития техники. С позиции теории информации дано определение понятия скрытности радиолокационной станции.

Ключевые слова: информационный конфликт, радиолокационная станция, скрытность, радиоэлектронная борьба, радиотехническая разведка, станция предупреждения об облучении, противорадиолокационная ракета.

The features of the problem of increasing the stealth of radar stations associated with the specifics of the functioning of radio intelligence tools are considered. The gradation of on-Board means of radio-technical intelligence, which corresponds to the modern level of technology development, is given. From the position of information theory, the definition of the concept of radar station stealth is given.

Keywords: information conflict, radar station, stealth, electronic warfare, radio technical intelligence, radar warning receiver, anti-radar missile.

Актуальность статьи обуславливается неразрешенным техническим противоречием, заключающимся в необходимости радиолокационных станций применять мощное электромагнитное излучение, которое в свою очередь достаточно легко обнаруживается средствами радиотехнической разведки. На основе анализа большого числа источников по рассматриваемой проблематике в статье рассмотрены особенности задачи повышения скрытности радиолокационных станций, связанные со спецификой функционирования средств радиотехнической разведки. Отмечены задачи, решаемые при разведке радиосигналов, как основные этапы функционирования средств радиотехнической разведки. Приведена градация бортовых средств радиотехнической разведки, отвечающая современному уровню развития техники. Рассмотрены обобщённые и частные условия разведки зондирующих сигналов. С позиции теории информации дано определение понятия скрытности радиолокационной станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Куприянов А.И., Шустов Л.Н.** Радиоэлектронная борьба. Основы теории. – М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.
2. **Макаренко С.И.** Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века: монография. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2017. – 546 с.
3. **Михайлов Р.Л.** Радиоэлектронная борьба в Вооружённых силах США: военно-теоретический труд. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2018. – 131 с.
4. Защита радиолокационных систем от помех. Состояние и тенденции развития / под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 416 с.
5. **Смирнов Ю.А.** Радиотехническая разведка. – М.: Воениздат, 2001. – 456 с.
6. **Перунов Ю.М., Куприянов А.И.** Радиоэлектронная борьба: радиотехническая разведка. – М.: Вузовская книга, 2016. – 190 с.
7. **Вакин С.А., Шустов Л.Н.** Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. – М.: Изд-во «Советское радио», 1968. – 448 с.
8. **Перунов Ю.М., Фомичёв К.И., Юдин Л.М.** Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. Ю.М. Перунова. – М.: «Радиотехника», 2008. – 415 с.

9. Защита от радиопомех / под ред. М.В. Максимова. – М.: «Сов. радио», 1976. – 496 с.
10. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами / под ред. Г.И. Тузова. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
11. Бакулев П.А., Клементьев А.В., Степин В.М. Анализ эффективности устройств обработки радиолокационных сигналов в обзорных РЛС: учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 48 с.
12. Каневский З.М., Литвиненко В.П. Теория скрытности. – Воронеж: ВГУ, 1991. – 144 с.
13. Цветнов В.В., Демин В.П., Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита: учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 240 с.
14. Борисов В.И. и др. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты. – М.: Радио и связь, 2000. – 384 с.
15. Борисов В.И., Зинчук В.М. Помехозащищенность систем радиосвязи. Вероятностно-временной подход. – Изд. 2-е, исп. – М.: РадиоСофт, 2008. – 260 с.
16. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. – М.: Российск. гуманит. ун-т, 2002. – 399 с.
17. Куприянов А.И., Скосырев В.Н. Скрытность сверхширокополосных радиолокационных импульсных сигналов // Технологии ЭМС. – 2009, №2. – С.13–19.
18. Мельников Ю.П. Воздушная радиотехническая разведка (методы оценки эффективности). – М.: Радиотехника, 2005. – 304 с.
19. Мельников Ю.П. Воздушная активно-пассивная разведка надводных кораблей. Методы оценки эффективности: монография. – М.: Радиотехника, 2017. – 500 с.
20. Помехозащита радиоэлектронных систем управления летательными аппаратами и оружием: монография / под ред. В.Н. Лепина. – М.: Радиотехника, 2017. – 416 с.
21. Pace P.E. *Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar. Second Edition.* – Artech House Inc., 2009. – 857 p.
22. Stove A.G., Hume A.L., Baker C.J. *Low probability of intercept radar strategies. IEE Proceedings: Radar, Sonar and Navigation*, 2004. – P. 249–260.
23. Wiley R.G. *ELINT: the interception and analysis of radar signals. Artech House Radar Library*, 2006. – 451 p.
24. Лаврентьев А.М., Литвинов Н.Н. Оценка маскирующих свойств широкополосных сигналов // Успехи современной радиоэлектроники. – 2018, №5. – С.54–57.
25. Литвинов Н.Н., Лаврентьев А.М. Оценка маскирующих свойств радиосигналов с использованием мер теории информации // Успехи современной радиоэлектроники. – 2019, №2. – С.67–71.
26. Справочник по радиолокации, в 2-х книгах: Пер. с англ. под общ. ред. В.С. Вербы / под ред. М.И. Скольника. – М.: Техносфера, 2015, Книга 2. – 680 с.
27. Вартанесян В.А. Радиоэлектронная разведка. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1991. – 254 с.
28. Перунов Ю.М., Мацукевич В.В., Васильев А.А. Зарубежные радиоэлектронные средства, в 4-х книгах. Книга 2: Системы радиоэлектронной борьбы / под ред. Ю.М. Перунова. – М.: Радиотехника, 2010. – 352 с.
29. Леньшин А.В. Бортовые комплексы обороны самолётов и вертолётов: учеб. пособие. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018 – 312 с.
30. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. Информационное обеспечение радиоэлектронных систем в условиях конфликта. – М.: ИПРЖР, 2001. – 456 с.
31. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с.
32. Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба: ракеты против РЛС. – 2-е изд. – М.: Вузовская книга, 2018. – 182 с.
33. Шеннон К. Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетике: Пер. с англ. / под ред. Р.Л. Добрушина, О.Б. Лупанова, с предисл. А.Н. Колмогорова. – М.: ИИЛ, 1963. – С.243–332.
34. Хартли Р.В.Л. Передача информации. Теория информации и её приложения (сборник переводов) / под ред. А.А. Харкевича. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1959. – С.5–35.
35. Александров В.В., Кулешов С.В., Цветков О.В. Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео. – СПб.: Наука, 2008. – 244 с.

METHODOLOGICAL FEATURES OF INCREASING THE STEALTH OF RADAR STATIONS

N.N. Litvinov, A.M. Lawrent'ev

The relevance of the article is caused by an unresolved technical contradiction, which consists in the need for radar stations to use powerful electromagnetic radiation, which in turn is quite easily detected by means of radio intelligence. Based on the analysis of a large number of sources on the subject in question, the article considers the features of the problem of increasing the stealth of radar stations, related to the specifics of the functioning of radio intelligence tools. The tasks that are solved in the exploration of radio signals, as the main stages of the functioning of radio intelligence tools, are noted. The gradation of on-Board means of radio-technical intelligence, which corresponds to the modern level of technology development, is given.

Generalized and particular conditions of probing signals exploration are considered. From the position of information theory, the definition of the concept of radar station stealth is given.

Поступила 19 февраля 2020 года.

УДК 621.396.969.1

МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОМАНЁВРЕННЫХ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ В ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧКАХ ТРАЕКТОРИИ НА ОСНОВЕ АПРИОРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

© Автор, 2020

В.И. Лобейко доктор технических наук, профессор,
председатель научно-методического совета, в/ч 15644, г. Знаменск
E-mail: lobeykov@mail.ru

В статье предложены модели поведения высокоманевренных воздушных объектов в характерных точках траектории на основе априорных зависимостей. Применение таких моделей при обработке данных траекторных измерений позволяет значительно улучшить качество оценивания параметров траектории высокоманевренных воздушных объектов при полигонных испытаниях.

Ключевые слова: траекторные измерения, модель траектории, система обработки.

In the article are offered models of behavior of high-maneuverable air objects in characteristic points of a trajectory on the basis of aprioristic dependences. Application of such models at data processing of a trajectory measurements allows to considerably improve the quality of estimation of parameters of trajectory of high-maneuverable air objects at field-tests.

Keywords: trajectory measurements, model of trajectory, processing system.

В статье предложены модели поведения высокоманевренных воздушных объектов в характерных точках траектории на основе априорных зависимостей. Применение таких моделей при обработке данных траекторных измерений позволяет значительно улучшить качество оценивания параметров траектории высокоманевренных воздушных объектов при полигонных испытаниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаракшанэ А.С., Железнов И.Г. Испытания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1974. – 184 с.
2. Шаракшанэ А.С. и др. Сложные системы. – М.: Высшая школа, 1997. – 247 с.
3. Элементы теории испытаний и контроля технических систем / под ред. Р.М. Юсупова. – Л.: Энергия, 1978. – 192 с.
4. Железнов И.Г., Семенов Г.П. Комбинированная оценка характеристик сложных систем. – М.: Машиностроение, 1976. – 186 с.
5. Червоный А. и др. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения. – М.: Воениздат, 1979. – 95 с.
6. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 238 с.
7. Лобейко В.И., Лобанов В.В., Тарасенко Н.Н. Теория ситуационного управления как основа синтеза инновационной системы полигонных испытаний зенитного ракетного оружия // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, Выпуск 3(11). – С.12–16.

MODELS OF BEHAVIOR OF HIGH-MANEUVERABLE AIR OBJECTS IN CHARACTERISTIC POINTS OF A TRAJECTORY ON THE BASIS OF APRIORISTIC DEPENDENCES

V.I. Lobeyko

In the article are offered models of behavior of high-maneuverable air objects in characteristic points of a trajectory on the basis of aprioristic dependences. Application of such models at data processing of a trajectory measurements allows to considerably improve the quality of estimation of parameters of trajectory of high-maneuverable air objects at field-tests.

Поступила 12 мая 2020 года.

МЕТОДИКА СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ

© Автор, 2020

А.А. Поздняков

адъюнкт, ВКА им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербурга
E-mail: drunia-kreng@rambler.ru

Рассматривается методика совместного обнаружения, оценивания параметров и распознавания траектории медленно и быстро флуктуирующих целей при наличии помех в РЛС с одновременным излучением сигналов на различных частотах в условиях параметрической априорной неопределённости статистических характеристик и параметрах запаздывания и скорости цели. Формулировка и проверка статистических гипотез соответствуют двухэтапной задаче многоальтернативного обнаружения с одновременной оценкой неизвестных параметров цели. В качестве критерия оптимальности используется алгоритм обобщённого отношения правдоподобия. Предлагаются различные варианты обработки.

Ключевые слова: распознавание пачек сигналов, медленно и быстро флуктуирующие цели, много-частотные РЛС, оценка параметров.

A question considered in this paper is joint detection, estimation and recognition of returned pack signal from slow and fast fluctuating targets in the noise by multi-frequency simultaneous emission radar in conditions of parametric antecedent random of statistical characteristics, time-lag and target velocity. Formulation and statistical hypothesis testing corresponds for two-step problem of multi-alternative detection. The generalized likelihood ratio algorithm is in use as optimization criteria.

Keywords: signal burst recognition, slow and fast fluctuating targets, multi-frequency radar, estimation.

Целью работы является создание оптимального алгоритма сопровождения сигналов, принимаемых от медленно и быстро флуктуирующих целей на фоне помех и шумов, применительно к многочастотным РЛС с ФАР, в которых используется одновременное излучение сигналов с различными несущими частотами. Также проведен анализ качества его работы в условиях параметрической априорной неопределённости.

Считаем, что ФАР состоит из подрешеток, каждая из которых предназначена для излучения и приема сигналов на различных частотах. Случайный процесс, принимаемый многочастотной РЛС с ФАР, обозначаем в виде блочного вектора состоящего из суммы векторов сигнала, помех и белого гауссова шума.

В случае выполнения указанных условий могут приниматься сигналы, отраженные от медленно и быстро флуктуирующих целей. Описываем их математическими моделями, как сигналы в виде пачек, содержащих по несколько импульсов на каждой из несущих частот. Первая модель справедлива в случае, когда небольшие перемещения цели не оказывают заметного влияния на отраженные сигналы в РЛС с высокой частотой повторения импульсов. Вторая – когда небольшие изменения ориентации цели вызывают значительные изменения отраженного сигнала. В последнем случае цель флуктуирует настолько быстро, что отраженные от нее сигналы, обусловленные соседними импульсами – независимы. Такую модель целесообразно использовать в случае маневрирующей цели.

В процессе радиолокационного наблюдения сигналов от цели необходимо определить содержит принимаемый сигнал только помеху вместе с шумом, или совокупность помехи и шума, а также один из сигналов, определяемых рассмотренными моделями. Считаем, что статистические характеристики сигналов, помех и шумов, а также их параметры полностью известны.

С точки зрения оптимальной обработки принимаемой информации необходимо осуществить проверку статистических гипотез, и определить какая из гипотез является истинной. В рассматриваемой постановке решаем задачу многоальтернативного обнаружения.

При решении задачи распознавания в качестве критерия оптимальности могут использоваться критерии Байеса, Неймана-Пирсона и ряд других.

В случае критерия Байеса, оптимальное решение находим по следующей схеме:

1. Формируем логарифмы отношения правдоподобия для проверки гипотез о наличии или отсутствии сигнала (безразлично какого) в принятой реализации.

2. В случае принятия решения о наличии сигнала проверяем, какая из гипотез больше по величине.

Для практического применения определяем достаточные статистики и их распределения.

Рассмотренная в статье постановка и метод решения задачи распознавания медленно и быстро флуктуирующей цели позволяет создать достаточно простой в реализации алгоритм сопровождения маневрирующей цели, работоспособный в условиях априорной неопределенности статистических характеристик дальности, скорости маневра цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фарина А., Студер Ф.** Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ. / под ред. А.Н. Юрьева. – М.: Радио и связь, 1993. – 322 с.
2. **Первачев С.В., Валуев А.А., Чиликин В.М.** Статистическая динамика радиотехнических следящих систем: учеб. пособие для вузов. – М.: «Сов. радио», 1973. – 488 с.
3. **Поздняков А.А., Шаталов А.А., Шаталова В.А.** Алгоритм распознавания медленно и быстро флуктуирующих целей на фоне помех многочастотной РЛС с ФАР // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019. Выпуск 2(22). – С.85–95.
4. **Singer R.** Estimating tracking filter performance for in array radar / *IEEE Trans Automating Control*. Vol. AC-15, – Feb. 1970, №1. – P.81–88.
5. **Трис В.Г.** Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.3: Обработка сигналов в радио и гидролокации и приём случайных гауссовых сигналов на фоне помех: Пер. с англ. / под ред. В.Т. Горяинова. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.
6. **Лукошкин А.П. и др.** Обработка сигналов в многоканальных РЛС / под ред. А.П. Лукошкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 328 с.
7. **Давыдов В.С., Лукошкин А.П., Шаталов А.А., Ястребков А.Б.** Радиолокация сложных целей. Разрешение и распознавание / под ред. А.П. Лукошкина. – СПб.: Янис, 1993. – 280 с.

METHOD OF JOINT DETECTION AND TRACKING TARGETS IN THE NOISE

A.A. Pozdnyakov

The aim of this work is to form the optimal tracking algorithm of signals received from slow and fast fluctuating targets in the noise and disturbance by using multi-frequency simultaneous emission radar. As well, we analyze quality of its work in parametrical prior random conditions.

We suggest that phased array consist of some sublattices, which design for emission and receiving at different frequency. Random signal received by radar is noted as the plug-in vector that consist of sum of echo signal, disturbance and Gaussian noise vectors.

If these conditions are in progress signals returned from slow and fast fluctuating targets have to receive. We describe these via math models as pack signals, which include few pulses on every carrier wave. First model takes place if not big target motions do not have a noticeable effect to received signals in radar that use often pulse repetition. Second model takes place if not big target motions have sufficient effect to received signals. In this case, target moves so fast as received signal pulses are independent. This model is suited in the case of maneuvering target detection advisably.

In the radar observation process there is a need to determine the presence either the echo signal with noise and disturbance or only noise and disturbance as well as to determine its relation to pointed models. We suggest that statistical characteristics of signals, noises and disturbances are known completely.

In optimal received data processing, there is a need in the testing of statistical hypothesis to determine correct ones. In pointed conditions, we decide the problem of multi-alternative detection.

In recognition questions generalized likelihood ratio algorithm are able to employ as optimization criteria. In this case, we solve according to followed plan:

1. Formation likelihood ratio logarithms: we calibrate hypothesis of presence the echo signal with noise and disturbance or only noise and disturbance without specification of target type.

2. Compare likelihood ratio logarithms: if the echo signal is detected, we determine the most meaning ones.

For practical utilization we find sufficient statistics and its distributions.

Considered description and presented way of recognition of signals received from slow and fast fluctuating targets let to make sufficient simple optimal target tracking algorithm in the noise for practice as well as to analyze quality characteristics of its work in parametrical prior random conditions.

Поступила 25 мая 2020 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 681.586.325

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТЫ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛЕ СБОЕВ АППАРАТУРЫ

© Авторы, 2020

С.В. Андреев

начальник группы конструкторского отдела, ФГУП РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск
E-mail: kb2@vniitf.ru

С.В. Шалашов

инженер-конструктор, ФГУП РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск

А.В. Ключников кандидат технических наук,

начальник конструкторского отдела, ФГУП РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск

Рассмотрено построение системы, обеспечивающей восстановление возможности счисления текущих параметров движения объекта после сбоя навигационной аппаратуры. Система основана на бортовом вычислителе, позволяющем производить аварийный перезапуск, хранить критические данные, необходимые для оценки параметров на момент окончания перезапуска системы и производить прогнозирующий расчет навигационных параметров в режиме реального времени без ущерба для работы основных навигационных алгоритмов системы.

Ключевые слова: экстраполяция, метод наименьших квадратов, обусловленность системы, сторожевой таймер.

Design of a system intended for restoring the running parameters of object motion after the fault of the navigation system is studied. Airborne computer based system enables emergency rebooting, storing the critical data for estimation of the parameters at a point of system's restart ending and real-time predictive calculating the navigation parameters without sacrifice of functioning of the system's major navigation algorithms.

Keywords: extrapolation, least square method, system's conditionality, watchdog.

Бортовая аппаратура летательного аппарата (ЛА) может быть подвержена различным внешним воздействиям, которые могут вызывать сбой в ее работе. Для парирования последствий сбоя требуется применение специальных мер. В статье описывается комплекс аппаратных, программных и математических методов, применяемых для восстановления работоспособности навигационной системы ЛА. Приведено описание архитектуры вычислителя, содержащего устройство аварийного перезапуска, обеспечивающее восстановление работы вычислителя при его «зависании», устройство хранения информации, позволяющее сохранить важную информацию, необходимую для продолжения работы после восстановления аппаратуры. Пред-

ставлен алгоритм работы системы восстановления, позволяющий идентифицировать факт сбоя в работе навигационной системы и принять меры для восстановления работоспособности. Приведен способ использования метода наименьших квадратов для прогнозирования навигационных параметров на время нахождения системы в неработоспособном состоянии. На реальном вычислителе, используемом в ЛА, проведено успешное тестирование алгоритма восстановления работоспособности навигационной системы после сбоя в работе аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Русанов В.Н., Сильянов Н.В., Киселев А.Ю., Пряничников С.В.** Самодиагностируемая резервированная бортовая вычислительная система // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2014, №2. – С.16–28.
2. Резервированная двухпроцессорная вычислительная система: пат 2460121 РФ. Приор. 22.08.2011; заявитель и патентообладатель ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седякина»; опубл. 27.08.2012 бюл. №24.
3. **Лесин В.В., Лисовец Ю.П.** Основы методов оптимизации: учеб. пособие. – Изд. 4-е, стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 344 с.
4. **Турчак Л.И., Плотников П.В.** Основы численных методов: учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 304 с.
5. **Роголев А.Н., Доронин С.В.** Использование критериев обусловленности при численных расчётах напряженного состояния силовых конструкций // *Системы. Методы. Технологии*. – 2016, №2. – С.91–99.
6. **Цей Р., Шумафов М.М.** Число обусловленности матрицы как показатель устойчивости при решении прикладных задач. – Труды ФОРА, №16, 2011. – С.62–67.
7. **Чернодаров А.В.** Контроль, диагностика и идентификация авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов. – М.: Научтехлитиздат, 2016. – 300 с.
8. **Матвеев В.В., Распопов В.Я.** Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС-датчиках. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 225 с.

THE INERTIAL NAVIGATION SYSTEM RECOVERY AFTER FAILURE

S.V. Andreev, S.V. Shalashov, A.V. Klyuchnikov

Airborne equipment of the flying vehicle (FV) may be exposed to different external forces, resulting in functional disorder. Special measures are designed to counteract the consequences of the failure. In the article a package of hard- and software measures, as well as mathematical methods are given to apply for restoration of the navigation system. The architecture of the calculator with a block of the emergency restart ensuring refunctioning of hung up calculator is described along with a unit of information storage, retaining the information important for continuation of operation after the system recovery. The operational algorithm of the recovery system is shown; it identifies the fact of failure of the navigation system to make steps for its refunctioning. The least square method is applied here for prediction of the navigation parameters for a period of system's non-operability. The algorithm of restorative function of the navigation system after the failure is successfully tested at a real calculator used in flying vehicles.

Поступила 12 мая 2020 года.

УДК 621.3.049.77:621.793

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОПОЛОСКОВЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПРИЁМНИКА ПО ПАРАМЕТРУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ

© Автор, 2020

А.А. Арешкин доктор технических наук, профессор,
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Предложен способ оптимизации изготовления элементов микрополосковых СВЧ-устройств по контролю электромагнитных потерь. Метод позволяет объективно оценивать качество используемых материалов и технологических процессов при изготовлении микрополосковых СВЧ-устройств. Дана оценка влияния материалов и технологических факторов на электрофизические параметры микрополосковых линий.

Ключевые слова: микрополосковая линия, электромагнитные потери, интегральные микросхемы, технология изготовления интегральных микросхем, резонансный метод контроля, технология нанесения тонких плёнок, контроль.

The technology for micro-strip RF-devices for measuring electromagnetic radiation losses have been developed. The method allows for quality control in the production of micro-strip RF-devices. The influence of material and technology on electrical parameters of micro-strip lines has been evaluated.

Keywords: micro-strip line, electromagnetic losses, integrated circuits, IC technology, control through the resonance measurements, thin film technology, process and quality control.

Разработан и осуществлен способ оптимизации изготовления элементов микрополосковых СВЧ устройств по контролю электромагнитных потерь. Метод позволяет объективно оценить качество используемых материалов и технологических процессов при изготовлении микрополосковых СВЧ устройств. Дана оценка влияния материалов и технологических факторов на электрофизические параметры микрополосковых линий. Получены аналитические зависимости измерения составляющих СВЧ потерь в микрополосковых линиях. Проведены экспериментальные исследования измерения СВЧ потерь резонансным методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Малорацкий Л.Г.** Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ. – М: Сов. радио, 1976.
2. **Арешкин А.А., Афанасьев А.А., Баулина И.Н.** Устройство для контроля характеристик материалов и технологических процессов при изготовлении микрополосковых элементов. А.С. 716380 (СССР). Заявлено 15.06.1978.
3. **Арешкин А.А.** Зондовый метод контроля электрофизических параметров при изготовлении микрополосковых СВЧ-устройств // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск 3(15). – С.35–41.

OPTIMIZATION OF MICRO-STRIP RF DEVICES FOR RADIO-LOCATION RECEIVER THROUGH THE PARAMETER OF ELECTROMAGNETIC LOSSES

A.A. Areshkin

The technology for micro-strip RF-devices for measuring electromagnetic radiation losses have been developed. The method allows for quality control in the production of micro-strip RF-devices. The influence of material and technology on electrical parameters of micro-strip lines has been evaluated. Analytic dependencies of radiation losses in micro-strip lines have been derived. The radiation losses have been measured using the resonance method.

Поступила 1 ноября 2019 года.

УДК 621.391.3

ОПТИМАЛЬНЫЙ УЧЁТ ТЕКУЩЕЙ ДОСТОВЕРНОСТИ В РАДИОСИСТЕМАХ С ДВУХЭТАПНЫМ ПРИНЯТИЕМ РЕШЕНИЙ

© Авторы, 2020

С.Б. Жиронкин доктор технических наук, профессор,
старший научный сотрудник научно-исследовательского центра, ВА ВКО им. Г.К. Жукова, г. Тверь
E-mail: iadrin@mail.ru

В.О. Черваков кандидат технических наук, доцент,
начальник кафедры Зенитных ракетных войск военного учебного центра, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
E-mail: vchervakov@mail.ru

А.Р. Курныков
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
E-mail: aleksandrurnikov@gmail.com

На основе общего байесовского подхода рассматриваются алгоритмы объединения частных решений в радиосистемах цифровой связи и распознавания (классификации) объектов. Предлагается метод оптимального учёта текущей достоверности частных решений, в частном случае приводящий к алгоритму оптимального голосования. Критерием оптимальности является критерий идеального наблюдателя. Показывается, что алгоритм декодирования, реализующий минимальное обобщённое расстояние (МОР), является частным случаем алгоритма оптимального голосования.

Ключевые слова: радиосвязь, распознавание, достоверность, апостериорный, двухэтапный, объединение, декодирование, голосование.

Based on a general Bayesian approach, algorithms for combining particular solutions in digital communication and recognition (classification) systems of objects are considered. A method is proposed for optimally taking into account the current reliability of particular decisions, which in a particular case leads to an optimal voting algorithm. The criterion of optimality is the criterion of an ideal observer. It is shown that the decoding algorithm that implements the minimum generalized distance (MGD) is a special case of the optimal voting algorithm.

Keywords: radio telecommunication, identification, reliability, posteriori, two-stage, combination, decoding, voting.

В данной статье рассматриваются радиосистемы с двухэтапным принятием решений. Проводится анализ алгоритмов объединения частных решений на основе байесовского подхода. Предлагается метод оптимального учёта текущей достоверности частных решений, приводящий к алгоритму оптимального голосования. На основании полученных данных была реализована модель компьютерного имитационного моделирования многотатчиковой системы распознавания. Предложенный метод позволяет эффективно использовать частные решения для принятия общего решения в другом алфавите на основе сведений о составе наблюдаемой группы объектов и распределении их по классам, а также оптимального учёта текущей достоверности этих частных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кларк Дж. мл., Кейн Дж.** Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.
2. Селекция и распознавание на основе локационной информации / под ред. А.Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
3. Радиозлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника. – 512 с.

4. **Тихонов В.И., Харисов В.Н.** Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1991. – 608 с.
5. **Жиронкин С.Б., Аврамов А.В., Быстраков С.Г.** Построение интегрированных систем опознавания на основе координатно-связного метода // Зарубеж. радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997, №5. – С.71–74.
6. **Жиронкин С.Б., Макарычев А.В.** Интегрированное устройство опознавания. Патент на изобретение RU 2452975 20.12.2010. Опубликовано: 10.06.2012, бюл. ФИПС № 16.
7. **Блейхут Р.** Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
8. **Форни Д.** Каскадные коды: Пер. с англ. / под ред. С.И. Самойленко. – М.: Мир, 1970. – 207 с.
9. **Ширман Я.Д., Горшков С.А., Лещенко С.П., Братченко Г.Д., Орленко В.М.** Методы радиолокационного распознавания и их моделирование // Сборник «Радиолокационное распознавание и методы математического моделирования». – Радио-техника, 2000. – С.5–64.
10. **Портной С.Л., Жиронкин С.Б.** Декодирование блочных кодов в системах передачи информации с псевдослучайным переключением частот // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 1989, Т.32, №8. – С.53–56.
11. **Аврамов А.В., Жиронкин С.Б., Черваков В.О.** Интегрированные системы опознавания: направления разработки на основе методов координатно-связного и косвенного опознавания // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017, №1. – С.35–40.

OPTIMUM ACCOUNTING OF CURRENT RELIABILITY IN RADIO SYSTEMS WITH TWO-STAGE DECISION-MAKING

S.B. Zhironkin, V.O. Chervakov, A.R. Kurnykov

This article discusses radio systems with two-stage decision-making. The analysis of algorithms for combining private solutions based on the Bayesian approach is carried out. A method is proposed for optimally taking into account the current reliability of particular decisions, leading to an optimal voting algorithm. Based on the obtained data, a computer simulation model of a multi-sensor recognition system was implemented. The proposed method allows you to effectively use private decisions to make a general decision in another alphabet based on information about the composition of the observed group of objects and their distribution by classes, as well as the optimal consideration of the current reliability of these particular decisions.

Поступила 4 февраля 2020 года.

УДК 621.396.967:623.438

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТЕРНЫХ ЧАСТОТ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ БОЕВЫХ МАШИН БАТАРЕИ

© Авторы, 2020

В.А. Ковешников кандидат технических наук,
ведущий инженер, АО «КБ приборостроения им. академика А.Г. Шипунова», г. Тула
E-mail: kbkedr@tula.net

А.Я. Мехтиев
начальник отдела, АО «КБ приборостроения им. академика А.Г. Шипунова», г. Тула

А.А. Зубарев
зам. главного конструктора по комплексам противовоздушной обороны, начальник отделения,
АО «КБ приборостроения им. академика А.Г. Шипунова», г. Тула

О.Ю. Шевцов
зам. главного конструктора по комплексам противовоздушной обороны, начальник отделения,
АО «КБ приборостроения им. академика А.Г. Шипунова», г. Тула

Решение задачи распределения литерных частот станций обнаружения целей сопряжено с анализом огромного количества вариантов, поэтому необходим оптимизационный подход. Критерий оптимальности, являясь отображением целей исследования, играет важнейшую роль в поиске эффективного решения и не всегда очевиден. Рассмотрен многокритериальный подход к оценке электромагнитной совместимости между боевыми машинами (БМ) группировки с учётом взаимосвязи между парами БМ, суммарного воздействия всех БМ на одну конкретную и обобщенной взаимосвязи всех БМ в целом. Без изучения этих вопросов оптимизационный подход решения задачи распределения литерных частот малоэффективен, а получаемые на его основе решения плохо обусловлены. Разработанный критерий основан на теории многомерных измерений и связан с проблематикой принятия решений в условиях неопределённости.

Ключевые слова: управление, радиолокация, литерные частоты, оптимизация, анализ, принятие решений, моделирование.

Distribution of target locator unique frequencies requires to analyze a huge number of options, so an optimization approach is required. The optimality criterion reflecting the study objectives and is crucial for finding an efficient solution but it is not easy to define it. The study analyzes a multi-criteria approach to assessing the EM compatibility between combat vehicles (CV) in a formation considering the CV-to-CV interference, the total interference by the CVs, and exposed to a specific CV, and a generalized interference between all the CVs in the group. These aspects are to be investigated to apply optimization methods to the target locator frequency distribution problem; otherwise, the results would be unreliable. The proposed criterion is based on the multidimensional measurement theory and is suitable for decision making in uncertain conditions.

Keywords: control, radar, target locator frequencies, optimization, analysis, decision making, simulation.

Очевидно, что при работе нескольких радиолокационных станций (РЛС) в составе подразделения достаточно сложно учесть влияние режимов их работы на уровень электромагнитной совместимости (ЭМС). Тем не менее, вполне очевидно, что уровень взаимных помех, имеющих место при работе двух РЛС, определяется расстоянием и разностью частот между ними, причем эта зависимость обратно пропорциональна; то есть, чем больше расстояние между ними и разность частот, тем ниже уровень взаимных помех. При этом частотный ряд современных РЛС достаточно велик и может достигать нескольких сотен дискретных значений. Тогда при фиксированном расположении боевых машин (БМ) батареи целесообразно использовать частоты так, чтобы обеспечить минимальный уровень взаимных помех. Задача осложняется

еще и тем, что каждая БМ испытывает влияние всех других БМ батареи и закономерности суммарного воздействия не известны, поэтому вводятся допущения следующего характера:

- мощности всех работающих РЛС одинаковы;
- потери в приемном фидерном тракте имеют приблизительно равный характер;
- полоса пропускания приемника каждой РЛС имеет фиксированное значение;
- спектральный состав зондирующего сигнала (кроме центральной частоты) и амплитудно-частотные характеристики приемников всех РЛС одинаковы.

При этом целесообразно назначать частоты так, чтобы они равномерно заполняли частотный диапазон; это косвенно позволяет уменьшить влияние направленных помех от специальных систем радиолокационного воздействия противника. Необходимо также обеспечить возможность эффективного управления в случае, когда число батарей, работающих в едином диапазоне частот, равно двум или трем и количество БМ в составе батареи может быть разным, когда степень взаимного влияния еще более возрастает.

Рассмотрен многокритериальный подход к оценке электромагнитной совместимости между боевыми машинами группировки с учетом взаимосвязи между парами БМ, суммарного воздействия всех БМ на одну конкретную и обобщенной взаимосвязи всех БМ в целом. Без изучения этих вопросов оптимизационный подход решения задачи распределения литерных частот мало эффективен, а получаемые на его основе решения плохо обусловлены. Разработанный критерий основан на теории многомерных измерений и связан с проблематикой принятия решений в условиях неопределенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дулевич В.Е.** Теоретические основы радиолокации. – М.: Сов. радио, 1978. – 607 с.
2. Судовая радиосвязь. Анализ и методика расчёта электромагнитной совместимости в системах связи, радиолокации и телевидения: учеб. пособие. – Петропавловск-Камчатский, Камчат ГТУ, 2007. – 105 с.
3. Справочник по радиолокации: Пер. с англ. в 4-х томах под общей ред. К.Н. Трофимова / под ред. М. Скольника, Нью-Йорк, 1970. – М.: Сов. радио, 1976, Т.1. – 456 с.
4. **Гиг ван Дж.** Прикладная общая теория систем. – М.: Мир, 1981. – 336 с.
5. **Моисеев Н.Н.** Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 448 с.
6. **Ковешников В.А., Фатуев В.А., Троицкий Д.И., Пантелеев И.Ю.** Математическая модель универсального случайного генетического алгоритма накопительного типа // Труды международной конференции SICPRO '09. – М.: Институт проблем управления (ИПУ), 2009. – 7 с.
7. **Ковешников В.А.** Программа реализации универсального алгоритма решения задач параметрической оптимизации. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, № 2018663352, 2018.

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE OPTIMALITY CRITERIA FOR COMBAT VEHICLE RADAR FREQUENCY DISTRIBUTION

V.A. Koveshnikov, A.Ya. Mekhtiev, A.A. Zubarev, O.Yu. Shevtsov

When more than one radar operates within a military unit, it is rather difficult to estimate the radar frequency vs. electromagnetic compatibility (EMC) relation. Still, it is obvious that the mutual interference of two radars depends on the distance between them and the difference in their frequencies. The relation is inverted: the more the distance and the frequency difference, the lower the mutual interference. Modern radars have extensive frequency ranges consisting of up to several hundred discrete values. When the combat vehicles (CV) in a group are stationary, the frequencies shall be distributed to ensure the lowest possible interference. Another complication is that each CV is affected by all the other CVs of the group, and the laws of total interference are not known yet. That is why we introduced some assumptions as follows:

- all the radars have the same power;
- the receiving feeder losses are approximately equal;
- the receiver passband of each radar is fixed;
- all the radars have identical probe signal spectra (except for the central frequency) and frequency responses.

It is advisable to distribute the frequencies to evenly fill the available range. It indirectly reduces the effects of targeted interference produced by the enemy's electronic warfare systems. The radars shall also operate smoothly when two or three combat groups share the same frequency range, and each group has a different number of CVs as in this case the mutual interference increases.

The study analyzes a multi-criteria approach to assessing the EM compatibility between combat vehicles (CV) in a formation considering the CV-to-CV interference, the total interference by the CVs, and exposed to a specific CV, and a generalized interference between all the CVs in the group. These aspects are to be investigated to apply optimization methods to the target locator frequency distribution problem; otherwise, the results would be unreliable. The proposed criterion is based on the multidimensional measurement theory and is suitable for decision making in uncertain conditions.

Поступила 5 ноября 2019 года.

СЖАТИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА С ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ И КОСИНУСНЫМ СПЕКТРОМ

© Авторы, 2020

В.С. Оконешников доктор технических наук
ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
К.К. Севостьянов кандидат технических наук,
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Рассматривается сигнал с косинусным амплитудным спектром, сформированный парой сверхширокополосных ЛЧМ сигналов с прямоугольной огибающей. ЛЧМ сигналы разнесены по времени на величину, обратную девиации частоты. Предложено два метода сжатия сигнала с использованием весовых функций для уменьшения уровня боковых лепестков с минимальными потерями на рассогласование. Рассмотрено влияние доплеровского смещения частоты на структуру сжатого сигнала по сравнению с НЧМ (нелинейно частотно модулированным) сигналом с аналогичным амплитудным спектром.

Ключевые слова: обработка сигналов, сигналы с линейной и нелинейной частотной модуляцией, сжатый сигнал, согласованный фильтр, уровень боковых лепестков, весовая функция, база сигнала, потери на рассогласование, доплеровское смещение частоты.

A signal with cosine amplitude spectrum constructed with a couple of ultra-wideband LFM signals with square envelope is considered. LFM signals are spaced by time interval inverse to frequency deviation. Two signal compressing methods are proposed with the use of window functions in order to reduce side lobe level with minimum mismatch loss. Effect of Doppler frequency shift on compressed signal structure is considered in comparison with NLFM (nonlinear frequency modulated) signal with similar amplitude spectrum.

Keywords: signal processing, linear and nonlinear frequency modulation, compressed signal, matched filter, side lobe level, window function, signal base, mismatch loss, Doppler frequency shift.

Рассматривается задача сжатия сигнала, состоящего из двух сверхширокополосных прямоугольных ЛЧМ импульсов, разнесенных на величину, обратно пропорциональную девиации частоты в импульсе для формирования косинусного амплитудного спектра. Рассмотрена возможность применения как согласованного, так и несогласованного фильтра сжатия с использованием весовой функции косинус квадрат на пьедестале, подобранного эмпирически для понижения УБЛ сжатого сигнала менее -54 дБ при практически отсутствующих потерях на рассогласование и минимальным уширением главного пика сжатого сигнала. Показана устойчивость сжатого спаренного сигнала к доплеровскому смещению частоты, что является важным преимуществом по сравнению с сигналами с нелинейной частотной модуляцией с тем же амплитудным спектром.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кряжев В.П., Оконешников В.С., Павлов И.К., Столетова О.Е.** Исследование эффективности весовых функций при сжатии ЛЧМ-импульсов // Тезисы докладов III НТК «Радиооптические технологии в приборостроении (РТП-2005)». – М., 2005.
2. **Завалий В.Н., Оконешников В.С.** Метод вычисления зависимости частоты от времени в сигналах с нелинейной ЧМ, имеющих спектр мощности в виде косинус в N-ой степени // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск 1(13). – С.80–86.

3. **Оконешников В.С., Севостьянов К.К.** Нелинейно частотно модулированный сигнал со спектром автокорреляционной функции косинус-квадрат на пьедестале // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 2(22). – С.76–84.
4. Справочник по радиолокации (в четырёх томах): Пер. с англ. / под общ. ред. К.Н. Трофимова; под ред. М. Сколника. Том 3. Радиолокационные устройства и системы / под ред. А.С. Виноцкого. – М.: Сов. радио, 1979, – 528 с.
5. **Оконешников В.С., Севостьянов К.К.** Нелинейно частотно модулированный сигнал со спектром автокорреляционной функции косинус в кубе и косинус в четвертой степени // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 4(24). – С.89–97.
6. **Оконешников В.С., Севостьянов К.К.** Структура и параметры сжатых НЧМ сигналов со спектром автокорреляционной функции косинус в степени n при доплеровском смещении частоты // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2020, Выпуск 1(25). – С.79–85.
7. **Оконешников В.С.** Исследование и разработка методов формирования радиолокационных частотно-модулированных сигналов, согласованных с реальными характеристиками фильтра сжатия // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 1974.
8. **Оконешников В.С., Пахомов А.А., Севостьянов К.К.** Моделирование обработки сигнала с обратной синусоидальной частотной модуляцией // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 1(21). – С.93–100.
9. **Кук Ч., Бернфельд М.** Радиолокационные сигналы: Пер. с англ. / под ред. В.С. Кельзона. – М.: Сов.радио, 1971. – 568 с.

COMPRESSION OF ULTRA-WIDEBAND FREQUENCY MODULATED SIGNAL WITH COSINE SPECTRUM

V.S. Okoneshnikov, K.K. Sevostyanov

The problem of compressing a signal constructed with a couple of ultra-wideband LFM signals with square envelope is considered. LFM signals are spaced by time interval inverse to frequency deviation in order to obtain cosine amplitude spectrum. Possibility of using matched and non-matched filter is examined with the use of window function of raised cosine in 2-power on a pedestal empirically selected in order to reduce side lobe level less than -54 dB in the almost absence of mismatch loss and with minimum widening of main peak of compressed signal. Robustness of compressed coupled signal to Doppler frequency shift is demonstrated in comparison with NLFM (nonlinear frequency modulated) signals with similar amplitude spectrum.

Поступила 11 декабря 2019 года.

УДК 351.814.335.3

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ НА ПОСАДОЧНОМ КУРСЕ С УЧЁТОМ РАЗНИЦЫ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

© Авторы, 2020

С.В. Петренко доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник ОКБ, ТООП ЛЭМЗ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com
А.В. Зибров
военнослужащий, в/ч 21882

В связи с ожидаемым увеличением интенсивности и плотности воздушного движения в аэропортах государственной авиации одной из основных задач, стоящей перед органами управления авиацией, в ближайшее время является научно-обоснованное определение величины продольных интервалов между воздушными судами, а также информационная поддержка специалистов группы руководства полётами в целях обеспечения безопасного управления воздушным движением. Поскольку предпосадочная прямая и взлётно-посадочная полоса часто являются узким местом в системе структуры воздушного пространства района аэродрома, то наибольший интерес представляет оптимизация их использования. В нашем исследовании вводится модель определения продольных интервалов между воздушными судами с применением статистически достоверных способов задания законов движения воздушных судов для прогнозирования воздушной обстановки и выработки возможных решений по формированию бесконфликтного потока воздушных судов, выполняющих заход на посадку.

В отличие от традиционных моделей расчёта продольного интервала между воздушными судами на посадочном курсе, использующих значение средней скорости полёта, предложенная модель рассматривает скорость движения воздушного судна на посадочном курсе как непрерывное распределение скорости в зависимости от времени (дальности). С использованием разработанной модели, реализуется возможность определения безопасного продольного интервала между воздушными судами различных классов.

Предлагаемая модель может быть применена для формирования очереди воздушных судов путём распределения самолётов в процессе посадки, в которой время разделения (интервал) отлично для различных комбинаций типов воздушных судов. Получение достоверной величины продольного интервала между воздушными судами на посадочном курсе позволит иметь объективную картину о пропускной способности предпосадочной прямой.

Ключевые слова: посадочный курс, динамический интервал, скорость воздушного судна, опасное сближение.

In connection with the expected increase in intensity and density of air traffic at airports of the state aviation one of the main tasks, facing the management bodies of aircraft in the near future is determining scientifically the longitudinal spacing between aircraft, informational support specialists of the management of flights in order to ensure a safe air traffic control. Since the pre-landing line and the runway are often bottlenecks in the structure of the airspace of the airfield area, the greatest interest is to optimize their use. In our study, we introduce a model for determining longitudinal intersections between aircraft using statistically reliable methods of specifying the laws of aircraft movement to predict the air situation and develop possible solutions for the formation of a conflict-free flow of aircraft performing a landing approach.

In contrast to the traditional methods of calculating the longitudinal interval between aircraft on the landing course, using the value of the average flight speed, the proposed model considers the speed of the aircraft on the landing course as a continuous distribution of speed depending on time (range). With the use of the developed model, it is possible to determine the safe longitudinal interval between vessels of different classes.

The proposed model can be applied to the formation of a queue of aircraft by distributing aircraft in the landing process, in which the separation time (interval) is different for different combinations of aircraft types. Obtaining a reliable value of the longitudinal inter-shaft between the aircraft on the landing course will allow having an objective picture of the carrying capacity of the pre-landing line.

Keywords: landing pattern, dynamic spacing, speed of aircraft in dangerous proximity.

В связи с ожидаемым увеличением интенсивности и плотности воздушного движения в аэропортах государственной авиации одной из основных задач, стоящей перед органами управления авиацией в ближайшее время является научно-обоснованное определение величины продольных интервалов между воздушными судами, а также информационная поддержка специалистов группы руководства полетами в целях обеспечения безопасного управления воздушным движением. Поскольку предпосадочная прямая и взлетно-посадочная полоса часто являются узким местом в системе структуры воздушного пространства района аэродрома, то наибольший интерес представляет оптимизация их использования.

В нашем исследовании вводится модель определения продольных интервалов между воздушными судами с применением статистически достоверных способов задания законов движения воздушных судов для прогнозирования воздушной обстановки и выработки возможных решений по формированию бесконфликтного потока воздушных судов, выполняющих заход на посадку. В отличие от традиционных моделей расчета продольного интервала между воздушными судами на посадочном курсе, использующих значение средней скорости полета, предложенная модель рассматривает скорость движения воздушного судна на посадочном курсе как непрерывное распределение скорости в зависимости от времени (дальности). С использованием разработанной модели, реализуется возможность определения безопасного продольного интервала между воздушными судами различных классов. Предлагаемая модель может быть применена для формирования очереди воздушных судов путем распределения самолетов в процессе посадки, в которой время разделения (интервал) отлично для различных комбинаций типов воздушных судов. Получение достоверной величины продольного интервала между воздушными судами на посадочном курсе позволит иметь объективную картину о пропускной способности предпосадочной прямой.

ЛИТЕРАТУРА

1. European Organization for the safety of Air Navigation. Challenge of growth 2013: Summary Report. Task 4: European Air Traffic in 2035. – 2013. – URL: <http://www.eurocontrol.int/articles/challengesgrowth>.
2. **Zhan Zhi-Hui, Zhang Jun, Li Yun, Liu Ou, Kwok S K, LP W H and Kaynak Okayay.** An efficient ant colony system based on receding horizon control for the aircraft arrival sequencing and scheduling problem. – *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2010, 11(2). – P.399–412.
3. **Hong Youkyung, Choi Byunghun, Lee Somang, Lee Keumjin and Kim Youndan.** (Optimal and practical aircraft sequencing and scheduling for point merge system. – In: *IFAC-PapersOnLine*, 2017, 50(1). – P.14644–14649.
4. **Diallo Coumba, Ndiaye Babacar Mbaya and Seck Diaraf.** Scheduling Aircraft Landing at LSS Airport. – *American Journal of Operations Research*, 2012, 2(2). – P.235–241.
5. **Ghoniem Ahmed, Sherali Hanif D, Balk Hojong.** Enhanced models for a mixed arrival-departure aircraft sequencing problem. – *INFORMS Journal on Computing*, 2014, 26(3). – P.514–530.
6. **Furini Fabio, Persiani Carlo Alfredo and Toth Paolo.** Aircraft sequencing problems via a rolling horizon algorithm. – In: *International Symposium on Combinatorial Optimization (ISCO)*, Athens, Greece. – P.273–284.
7. International Civil Aviation Organization. Procedures for air navigation services (Air Traffic Management). – Doc 4444, the fifteenth edition, Council, Montréal, 2007.
8. **Dear Roger G.** The dynamic scheduling of aircraft in the near terminal area. (Ph. D. thesis). – *Flight Transportation Laboratory, MIT, USA*, 1976. – P.1–325.
9. **Andreussi Alberto, Bianco Lucio and Ricciardelli Salvatore.** A simulation model for aircraft sequencing in the near terminal area. – *European Journal of Operational Research*, 1981, 8(4). – P.345–354.
10. **Bianco Lucio, Dell'olmo Paolo and Giordani Stefano.** Coordination of traffic flow in the TMA. – In: L. Bianco, P. Dell'Olmo, A. R. Odoni, (Eds.), *New Concepts and Methods in Air Traffic Management*, 1999. – P.95–124.
11. **Bencheikh Ghizlane, Boukachour Jaouad, ALAOU Ahmed Elhilali and Elkhokhi Fatima.** Hybrid method for aircraft landing scheduling based on a job shop formulation. – *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2009, 9(8). – P.78–88.
12. **BEASLEY JOHN E., Krishnamoorthy M., Sharaiha Y.M. and Abramson D.** Scheduling Aircrafts Landings – the static case. – *Transportation Science*, 2000, 34(2). – P.180–197.
13. **Andreava-MORI Adriana, Suzuki Shinji and Ltoh Eri.** Rule derivation for arrival aircraft sequencing. – *Aerospace Science Technology*, 2013, 30(1). – P.200–209.
14. **Bauerle N., Engelhardt-Funke O. and Kolonko M.** On the waiting time of arriving aircrafts and the capacity of airports with one or two runways. – *European Journal of Operational Research*, 2007, 177(2). – P.1180–1196.
15. **Ji Xiao-Peng, Cao Xiao-Bin and Tang Ke.** Sequence Searching and evaluations: a unified approach for aircraft arrival sequencing and scheduling problems. – *Memetic Computing*, 2015, 8(2). – P.109–123.
16. **Sama Marcella, D'ariano Andrea, D'ariano Paolo and Pacciarelli Dario.** Scheduling models for optimal aircraft traffic control at busy airports: Tardiness, priorities, equity and violations considerations. – *OMEGA* 67, 2017. – P.81–98.
17. **Bertsimas Dimitris and Frankovich Micheal.** Unified optimization of traffic flows through airports. – *Transportation Science*, 2015, 50(1). – P.77–93.
18. **Briskorn Dirk and Stolletz Raik.** Aircraft landing problems with aircraft classes. – *Journal of Scheduling*, 2014, 17(1). – P.31–45.

MODEL AND ALGORITHM FOR DETERMINING THE LONGITUDINAL INTERVAL BETWEEN AIRCRAFT IN THE LANDING PATTERN BASED ON THE DIFFERENCE OF THE SPEEDS OF AIRCRAFT

S.V. Petrenko, A.V. Zibrov

In connection with the expected increase in intensity and density of air traffic at airports of the state aviation one of the main tasks, facing the management bodies of aircraft in the near future is determining scientifically the longitudinal spacing between aircraft, informational support specialists of the management of flights in order to ensure a safe air traffic control. Since the pre-landing line and the runway are often bottlenecks in the structure of the airspace of the airfield area, the greatest interest is to optimize their use.

In our study, we introduce a model for determining longitudinal intersections between aircraft using statistically reliable methods of specifying the laws of aircraft movement to predict the air situation and develop possible solutions for the formation of a conflict-free flow of aircraft performing a landing approach. In contrast to the traditional methods of calculating the longitudinal interval between aircraft on the landing course, using the value of the average flight speed, the proposed model considers the speed of the aircraft on the landing course as a continuous distribution of speed depending on time (range). With the use of the developed model, it is possible to determine the safe longitudinal interval between vessels of different classes.

The proposed model can be applied to the formation of a queue of aircraft by distributing aircraft in the landing process, in which the separation time (interval) is different for different combinations of aircraft types. Obtaining a reliable value of the longitudinal inter-shaft between the aircraft on the landing course will allow having an objective picture of the carrying capacity of the pre-landing line.

Поступила 27 января 2020 года.

УДК 621.396.671

МОНОИМПУЛЬСНОЕ ПЕЛЕНГОВАНИЕ ЦЕЛИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОСТНЫХ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ

© Авторы, 2020

Ф.К. Поволоцкий кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
главный специалист направления, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Т.П. Сидорова

ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

При моноимпульсном пеленговании цели с использованием разностных диаграмм направленности в направлениях, близких к пеленговому, резко ухудшается отношение «сигнал/шум». В статье проведено исследование четырёхканальной антенны и предложен метод точного определения направления прихода отражённого от цели сигнала в пределах углов, ограниченных конусом, проходящим через половинное значение мощности суммарной диаграммы направленности (ДН) антенны. При этом разностные ДН не используются и не формируются.

Ключевые слова: пеленгация, фазовый сдвиг, фазированная антенная решётка.

In the monopulse direction finding with the use of difference patterns, the signal-to-noise ratio drastically decreases in directions close to the target direction. In this paper, a 4-channel antenna is studied and a method is proposed that precisely determines direction of arrival of the signal reflected from the target when it is within the half-power width of the antenna's sum pattern. The difference patterns are not used.

Keywords: direction finding, phase shift, phased array antenna.

В работе предлагается метод пеленгации целей без формирования разностных ДН. На математической модели (в виде четырёхмодульной ФАР) для этого с помощью фазовых добавок от каждого модуля получают ДН, максимумы которых повернуты относительно максимума суммарной ДН (не подвергнутой фазовой обработке) на некоторые углы по азимуту и углу места. Эти фазовые добавки должны быть такими, чтобы в конусе углов, равном ширине ДН по половинному значению мощности, в любом направлении имелась бы всего одна точка, в которой пересекаются все четыре ДН.

Для нахождения этой точки составляются четыре уравнения перебираются все значения углов θ , φ в выбранном конусе, находится точка, в которой все четыре уравнения удовлетворяют требованию - разность функций меньше допустимой величины - эта точка указывает направление прихода сигнала - $\theta = \theta_{ц}$, $\varphi = \varphi_{ц}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков Г.Т., Чаплин А.Ф. Сканирующие антенные системы СВЧ. Т.2. - М.: Сов. Радио, 1966.

MONOPULSE DIRECTION FINDING WITHOUT DIFFERENCE PATTERNS

F.K. Povolotskii, T.P. Sidorova

A direction finding method is proposed that does not use difference patterns. The method is studied with the help of a mathematical model (in the form of a 4-module array antenna). Phase shifts are applied to each of the modules so that their patterns are shifted from that of the initial sum pattern of the whole antenna by certain angles in azimuth and elevation. These phase shifts must be such that in the conic angular domain within the half power width of the sum pattern there is only one direction in which all the four patterns are equal for all scan angles. This direction is determined from the following system of 4 inequalities:

$$\begin{aligned} \text{abs}(GG_{1+}(\theta_u, \varphi_u) - GG_{1+}(\theta, \varphi)) < \xi; \quad \text{abs}(GG_{1-}(\theta_u, \varphi_u) - GG_{1-}(\theta, \varphi)) < \xi; \\ \text{abs}(GG_{2+}(\theta_u, \varphi_u) - GG_{2+}(\theta, \varphi)) < \xi; \quad \text{abs}(GG_{2-}(\theta_u, \varphi_u) - GG_{2-}(\theta, \varphi)) < \xi. \end{aligned}$$

A point θ_u, φ_u is found in the conic domain at which all 4 inequalities are satisfied, i.e. the differences between the functions are smaller than the admissible value. This point is the direction of signal arrival – $\theta = \theta_u, \varphi = \varphi_u$.

Поступила 26 августа 2019 года.

УДК 621.396.96

УСТРАНЕНИЕ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ФАЗОКОДОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

© Автор, 2020

А.А. Трухачев доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела, ПАО НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Рассматриваются фазокодоманипулированные импульсы с периодической кодовой последовательностью, обладающие неоднозначностью измерений дальности. Проведён анализ возможностей устранения неоднозначности измерений в процессе автосопровождения цели. Оценены вероятностные характеристики правильного устранения неоднозначности.

Ключевые слова: баллистическая ракета, боевой блок, плазменный след, обнаружение радиолокационного сигнала, функция неопределённости.

The binary phase-coded pulses with the periodic code sequence having ambiguity of measurements of range are considered. The analysis of elimination of ambiguity of measurements in the target tracking process is carried out. Performance of the correct elimination of ambiguity is estimated.

Keywords: ballistic missile, reentry vehicle, ionized wake, radar signal detection, ambiguity function.

В качестве зондирующих сигналов рассматриваются ФКМ импульсы с периодической фазокодовой последовательностью. Эти сигналы обладают хорошими возможностями по наблюдению за баллистической целью на фоне мешающих отражений от плазменного следа.

Однако такие сигналы обладают недостатком. Замеры задержки полезного сигнала, отражённого от цели, обладают неоднозначностью. Измеренная задержка может содержать случайную составляющую, равную нескольким интервалам неоднозначности.

В статье рассматривается устранение неоднозначности, реализуемое в процессе автосопровождения обнаруженной цели. При обработке отражённых сигналов помимо данных, необходимых для автосопровождения, формируются данные для устранения неоднозначности.

За некоторое количество тактов автосопровождения можно обеспечить достаточно высокую вероятность устранения неоднозначности измерений задержки полезного сигнала от цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Трухачёв А.А.** Приём полезного сигнала на фоне мешающих отражений от плазменного следа // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2020, Выпуск 1(25). – С.86–95.
2. **Трухачёв А.А.** Радиолокационные сигналы и их применения. – М.: Воениздат, 2005. – 320 с.

ELIMINATION OF AMBIGUITY OF MEASUREMENTS AT APPLICATION OF RECTANGULAR BINARY PHASE-CODED PULSES WITH THE PERIODIC CODE SEQUENCE

A.A. Trukhachev

As the probing signals binary phase-coded pulses with the periodic code sequence are considered. These signals have good possibilities on observation of the ballistic target against the background of the interfering reflections from an ionized wake.

However such signals possess the shortcoming. Measurements of the signal delay reflected from the target have ambiguity. The measured delay may contain the accidental component equal to several intervals of ambiguity.

In article the ambiguity elimination realized in the target tracking of a detected target is considered. When processing of the reflected signals in addition to the data necessary for tracking, data for ambiguity elimination are formed.

After several of tracking loop it is possible to provide enough high probability of elimination of delay ambiguity.

Поступила 28 ноября 2019 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 338

МОДЕЛИ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

© Автор, 2020

П.А. Кохно доктор экономических наук, профессор,
зам. директора по научно-исследовательской деятельности,
АНО «Содействие и развитие инноваций в научно-производственной сфере», г. Москва
E-mail: pavelkohn@mail.ru

В статье изложены теоретические основы описания предметной области и проектирования логической и физической структур баз данных производственных систем оборонно-промышленного комплекса. Предложена методика проектирования баз данных сложных технических систем различного уровня управления, сущность которой состоит в построении инфологических моделей фрагментов предметной области с последующим построением канонической модели предметной области всей системы. В свою очередь, каноническая модель отображается в концептуальную, внешние и внутреннюю модели данных используемой системы управления базами данных.

Ключевые слова: оборонно-промышленный комплекс, информационные системы, базы данных, предметная область, модели предметной области.

In article theoretical bases of the description of subject domain and design of logical and physical structures of databases of production systems of defense industry complex are stated. The technique of design of databases of complex technical systems of various level of management which essence consists in construction the infologicheskikh of models of fragments of subject domain with the subsequent creation of initial model of subject domain of all system is offered. In turn, the initial model is displayed in conceptual, external and internal models of data of the used database management system.

Keywords: defense industry complex, information systems, databases, subject domain, models of subject domain.

В статье изложены теоретические основы описания предметной области и проектирования логической и физической структур баз данных производственных систем оборонно-промышленного комплекса. Предложена методика проектирования баз данных сложных технических систем различного уровня управления, сущность которой состоит в построении инфологических моделей фрагментов предметной области с последующим построением канонической модели предметной области всей системы. В свою очередь, каноническая модель отображается в концептуальную, внешние и внутреннюю модели данных используемой системы управления базами данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпук А.А., Кохно П.А. Конструирование и преобразование информационных сообщений при ведении базы данных // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 1991, №8. – С.16–21.
2. Виноградов Е.М., Винокуров В.И., Харченко И.П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – Л.: Судостроение, 1986. – 264 с.
3. Кирьян А.В., Кикеля В.А. Перспективы совершенствования аппарата моделирования ЭМС и радиочастотного пространства на основе интеллектуализированной имитационной модели больших группировок РЭС // Междунар. симпозиум по электромагнитной совместимости ЭМС–93: сб. науч. докл. Ч.1. – СПб., 1993. – С.165–170.
4. Соловьев В.В. Методы оптимального присвоения частот. – М.: Изд-во «Гейзер», 2001. – 133 с.
5. Рейнгольд Э., Нивергельд Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. – М.: Мир, 1980. – 476 с.
6. Кохно П.А., Кохно А.П., Лясников Н.В. Корпоративная экономика информационных систем: монография / под ред. проф. П.А. Кохно. – М.: РУСАЙНС, 2018. – 274 с.
7. Кохно П.А., Серов Н.В. Производственное позиционирование: монография / отв. ред. д.э.н., проф. П.А. Кохно. – М.: Граница, 2019. – 352 с.
8. Кохно П.А., Кохно А.П. Модели и показатели определения синергетического эффекта интегрированных промышленных компаний // Общество и экономика. – 2017, №1. – С.5–26.
9. Кохно П.А. Инструментарий инновационного развития высокотехнологического производства // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. – 2018, №3. – С.27–40.
10. Кохно П.А., Кохно А.П. Модели и инструментальные методы корпоративного управления отраслевыми компаниями // Общество и экономика. – 2019, №1. – С.19–32.
11. Кохно П.А., Кохно А.П., Лясников Н.В. Прогрессирующая экономика. Том 3. Эквивалентные компании: монография в 3-х томах / отв. ред. П.А. Кохно. – М.: РУСАЙНС, 2019. – 232 с.
12. Кохно П.А., Кохно А.П., Лясников Н.В. Модели управления бизнесом корпораций: монография / отв. ред. П.А. Кохно. – М.: РУСАЙНС, 2018. – 302 с.
13. Кохно П.А. Максимизация добавленной стоимости в продукции предприятий оборонно-промышленного комплекса // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2016, №3. – С.7–20.
14. Кохно П.А., Кохно А.П. Методика оценки финансово-экономической эффективности деятельности отраслевой корпорации // Финансовый бизнес. – 2016, №6. – С.19–29.
15. Кохно П.А., Кохно А.П., Карпов С.А. Математические и программные средства цифровой экономики: монография / отв. ред. д.э.н., проф. П.А. Кохно. – М.: Граница, 2019. – 416 с.
16. Кохно П.А., Кохно А.П., Слепов В.А. Отраслевое промышленное производство: монография / отв. ред. д.э.н., проф. П.А. Кохно. – М.: Граница, 2019. – 304 с.
17. Кохно П.А., Кохно А.П., Ситников С.Е. Системы принятия решений в моделях развития национальной экономики // Общество и экономика. – 2019, №4. – С.5–23.

MODELS OF THESE INFORMATION SYSTEMS OF DEFENSE INDUSTRY COMPLEX

P.A. Kokhno

In article theoretical bases of the description of subject domain and design of logical and physical structures of databases of production systems of defense industry complex are stated.

The technique of design of databases of complex technical systems of various level of management which essence consists in construction the infologicheskikh of models of fragments of subject domain with the subsequent creation of initial model of subject domain of all system is offered. In turn, the initial model is displayed in conceptual, external and internal models of data of the used database management system.

Поступила 11 ноября 2019 года.

УДК 621.377, 681.323

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ И БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

© Авторы, 2020

Г.В. Светлов кандидат технических наук,
Генеральный директор, АО «РПТП «Гранит», г. Рязань
С.С. Кукушкин доктор технических наук, профессор,
зам. начальника КБ «Сигма», АО «РПТП «Гранит», г. Рязань
E-mail: adaptermetod@mail.ru

Рассматриваются вопросы повышения уровня искусственного интеллекта бортовых и наземных информационно-измерительных систем современных образцов вооружения, военной и специальной техники на основе внедрения прикладных математических методов передачи, сбора и обработки информации. Показано, что их использование позволяет найти приемлемое разрешение большого числа существующих проблем, которые связаны с передачей и обработкой получаемой информации. Приведены основные достижения и показаны новые возможности разработанных методов и технологий.

Ключевые слова: помеха, радиотехнические измерения, представление данных образами-остатками, логическое помехоустойчивое кодирование, полоса пропускания канала связи.

The issues of increasing the level of artificial intelligence of onboard and ground-based information and measurement systems of modern weapons, military and special equipment based on the introduction of applied mathematical methods for transmitting, collecting and processing information are considered. It is shown that their use makes it possible to find an acceptable solution to a large number of existing problems related to the transmission and processing of received information. The main achievements and new features of the developed methods and technologies are presented.

Keywords: interference, radio engineering measurements, representation of data by leftovers, logical noise-tolerant encoding, communication channel bandwidth.

Статья посвящена разработке математических методов, расширяющих возможности прикладного использования фундаментальных абстрактных математических теорий, к числу которых относятся теория конечных полей Э.Галуа и построенных на её основе дополнения, относящиеся к конечным разностям (КР) и адаптивной нелинейной фильтрации (АНФ) данных измерений. Показано, что их использование позволяет найти приемлемое разрешение большого числа существующих проблем, которые связаны с низкой сигнализационной надежностью извещателей, датчиков и сенсоров, выполняющих у робототехнических комплексов (РТК) военного назначения (ВН) функции органов чувств, на основе которых осуществляется оценка оперативной обстановки и формируются управляющие решения. Предлагаемая математическая обработки позволяет лучше слышать, видеть, точнее определять объекты контроля и их перемещения в окружающем пространстве, в том числе, в условиях помех и информационно-технических воздействий (ИТВ), организованных противником.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукушкин С.С. Теория конечных полей и информатика: Т.1 «Методы и алгоритмы, классические и нетрадиционные, основанные на использовании конструктивной теоремы об остатках». – М.: МО РФ, 2003 – 284 с.
2. Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля. В 2-х томах: Пер с англ. – М.: Мир, 1988. – 882 с.
3. Былински П., Ингрэм Д. Цифровые системы передачи: Пер. с англ. / под ред. А.А. Венцеля. – М.: «Связь», 1980. – 360 с.
4. Кукушкин С.С., Гладков И.А., Чаплинский В.С. Методы и информационные технологии контроля состояния динамических систем. – М.: Минобороны России, 2008. – 328 с.
5. Кукушкин С.С. Новые информационные технологии измерений // Вопросы радиоэлектроники», серия ОТ. – М., 2005, Выпуск 1. – С.44–48.
6. Торгашев В.А. Система остаточных классов и надёжность ЦВМ. – М.: Сов. Радио, 1973. – 120 с.
7. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах. – М.: Сов. Радио, 1968. – 140 с.
8. Червяков Н.И., Сахнюк П.А., Шапошников А.В., Ряднов С.А. Модулярные параллельные вычислительные структуры нейро-процессорных систем / под ред. Н.И. Червякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.

METHODS FOR IMPROVING EFFICIENCY OF INFORMATION AND MEASUREMENT SUPPORT FOR TESTING AND BATTLE APPLICATION OF MODERN SAMPLES OF WEAPONS, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT

G.V. Svetlov, S.S. Kukushkin

The article is devoted to the development of mathematical methods that expand the possibilities of application of fundamental abstract mathematical theories, which include the theory of finite fields by E. Galois and additions based on it that relate to finite differences and adaptive nonlinear filtering of measurement data.

It is shown that their use makes it possible to find an acceptable solution to a large number of existing problems that are associated with low alarm reliability of detectors and sensors that perform the functions of sense organs in military robotic complexes, based on which the operational situation is evaluated and control solutions are formed. The proposed mathematical model allows you to better hear, see, and more accurately determine the objects of control and their movement in the surrounding space, including in the conditions of interference and information and technical influences, organized by the enemy.

Поступила 19 марта 2020 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 623.4.01

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСНАЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРО AEGIS ASHORE, РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЯПОНИИ, РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИЕЙ AN/SPY-7

© Авторы, 2020

А.Е. Свистунов

начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Н.А. Малеева кандидат технических наук,

ведущий аналитик, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В данной статье приводится информация о планах Министерства обороны Японии по оснащению двух комплексов ПРО AEGIS ASHORE, развёртываемых на территории Японии, радиолокационной станцией AN/SPY-7 (SSR) вместо РЛК AMDR, за разработку которого отвечают специалисты компании Raytheon и штатной РЛС системы ПРО AEGIS AN/SPY-1, разработанной компанией Lockheed Martin.

Ключевые слова: РЛС, ПРО, AEGIS ASHORE, AN/SPY-7, AN/SPY-6, AN/SPY-1.

The article states plans of the Japan Defense Agency on equipping of two AEGIS ASHORE missile defense systems, being deployed on the territory of Japan, with AN/SPY-7 radar (SSR) instead of AMDR complex, developed by the Raytheon company, and with Lockheed Martin standard AN/SPY-1 radar of AEGIS missile defense system.

Keywords: radar, missile defense, AEGIS ASHORE, AN/SPY-7, AN/SPY-6, AN/SPY-1.

В статье приведена официальная информация, опубликованная военными ведомствами США и Японии, о текущих планах развёртывания в качестве штатной РЛС комплексов ПРО AEGIS ASHORE на территории Японии РЛС AN/SPY-7 (SSR), разработанной компанией Lockheed Martin, о сроках и предполагаемой стоимости развёртывания. Кроме того, приводятся характеристики РЛС, являющихся аналогами РЛС AN/SPY-7, которые также рассматривались МО Японии в качестве возможных вариантов для интеграции в систему ПРО AEGIS ASHORE. Так, в статье рассматривается РЛС AN/SPY-1 компании Lockheed Martin, в настоящий момент являющаяся штатной РЛС корабельных систем ПРО AEGIS, находящихся на вооружении ВМС США и Японии, и наземных систем ПРО AEGIS ASHORE, развернутых на территории США и Румынии. Также приводится текущее состояние разработки, испытаний и перспективы развёртывания РЛС AN/SPY-6 компании Raytheon, входящей в состав РЛК AMDR.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Lockheed Martin.** News «Japan Protected With SPY-7, Lockheed Martin's Latest Generation Radar Technology That Defends Against Ballistic Missile Threats».
2. **Lockheed Martin.** News «Lockheed Martin Reaches Technical Milestone For Long Range Discrimination Radar». October 16, 2018.
3. **Lockheed Martin.** News «U.S. Government Designates Lockheed Martin's Latest Generation Radar: AN/SPY-7(V)1». November 14, 2019.
4. Japan Ministry of Defense, July 30, 2018.
5. US Naval Institute «Japan Selects Lockheed Martin to Supply Radar for Aegis Ashore System». July 30, 2018.
6. IHS Jane's Naval Weapon Systems. Issue 55. October 2011.
7. IHS Jane's Radar and Electronic Warfare Systems. 2010–2011.
8. DDG 51 Flight III ships and Air Missile Defense Radar Engineering change proposal. Report to Congress. February 2015.
9. Raytheon News «Raytheon's SPY-6 aced most complex test yet». February 5, 2019.
10. Michael Fabey «US completes final developmental ballistic missile flight test for AN/SPY-6(V) radar», IHS Jane's. February 08, 2019.

AN/SPY-7 RADAR INSTALLATION PROSPECTS ON AEGIS ASHORE MISSILE DEFENSE SYSTEM IN JAPAN

A.E. Svistunov, N.A. Maleeva

The article states an information published by the US and Japan military departments on current deployment plans of AN/SPY-7 radar (SSR) as a standard Lockheed Martin radar for AEGIS ASHORE missile defense system on the territory of Japan, including time-period and expected cost of deployment. Besides, the sources stated the radar characteristics, which are similar to AN/SPY-7 radar, and were examined by the Japan Defense Agency as possible variants for integration into AEGIS ASHORE missile defense system. Thus, the article considers the AN/SPY-1 radar of Lockheed Martin company development, which is at present time a standard radar for AEGIS BMD ships in the inventory of US and Japan Navy, and land-based AEGIS ASHORE missile defense systems, deployed in the United States and Romania. The current development state, tests and deployment prospects of Raytheon AN/SPY-6 radar, integrated into AMDR complex, are stated in the article as well.

Поступила 5 февраля 2020 года.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ



Системы вооружения ракетно-космической обороны России. Том 1 Системы стратегической противоракетной обороны. Под общей редакцией Ю.И. Борисова. – М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2020. – 416 с.

Издательский дом «Столичная энциклопедия» выпустил в свет книгу «Системы стратегической противоракетной обороны». Это первый том двухтомного издания «Системы вооружения ракетно-космической обороны России».

Книга издана под общей редакцией заместителя Председателя Правительства Российской Федерации, доктора технических наук Ю.И. Борисова. Сопредседатели редколлегии – генеральный директор АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» Я.В. Новиков, директор Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России В.В. Шпак. Научные редакторы – советник Президента ПАО «МАК «Вымпел» профессор Е.В. Гаврилин, генеральный конструктор АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» профессор П.А. Созинов.

В книгу включены статьи, очерки, воспоминания о том, как создавались системы стратегической противоракетной обороны А, А-35, А-35М, А-135.

Опубликовано около 500 фотографий.

В обращении к читателям Ю.И. Борисова отмечено «Настоящая книга является коллективным трудом большой кооперации предприятий, организаций оборонно-промышленного комплекса, испытателей, военных строителей, представителей заказчика, которым пришлось решать одну из самых сложных научно-технических проблем в середине XX века – проблему создания системы обороны от нападения межконтинентальных баллистических ракет».