

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 2(14), 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор

А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

М.А. Горбачёв, д-р техн. наук

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

Г.В. Зайцев, д-р техн. наук

А.Б. Игнатьев, д-р техн. наук, профессор

В.А. Кашин, д-р техн. наук, профессор

С.К. Колганов, д-р техн. наук, профессор

В.И. Колесниченко, д-р техн. наук, профессор

Ю.Н. Кофанов, д-р техн. наук, профессор

В.С. Оконешиников, д-р техн. наук

А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор

Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор

С.П. Соколов, д-р техн. наук

П.И. Стариковский, д-р техн. наук

А.Ф. Страхов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Трухачев, д-р техн. наук

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

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

Технический редактор: Н.С. Умникова

Корректор: А.Н. Борзова

Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22

доб. 16-42, 79-06, 70-19, 16-00

E-mail: aspirantura@gskb.ru

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

А.Д. Хзмалян

Применение оптимальной обработки сигнала в РЛС

с цифровой антенной решёткой 5

С.С. Чеботарев

Экономическая оценка механизма формирования рентабельности

продукции государственного оборонного заказа по формуле $20(25)+1$ 11

С.С. Юдачев, Р.П. Симоньянц, В.Н. Герди, В.И. Заварзин

Проблемы инженерного образования и «русский метод»

подготовки специалистов 17

► **Применение сил и средств ВКО**

С.М. Антропова, В.А. Новиков, Д.В. Попкова

Изменение параметров орбиты космического объекта

после кинетического воздействия 22

Ю.О. Верещагин, И.В. Снегирева

Аппаратно-имитационная модель динамики полёта палубного самолёта

на режимах ближнего воздушного боя и палубной посадки 26

Ю.Б. Дубов, К.В. Захаров, О.И. Ткаченко

Использование отклоняемого вектора тяги при посадке самолёта 32

С.В. Жарков, А.В. Гуенко

Аналитическое описание динамики самонаведения ЗУР

на маневрирующую цель 41

А.А. Раев, В.И. Вороник, А.В. Кононенко, М.М. Кузнецов, А.А. Раев

Использование беспилотных летательных аппаратов

при оценке характеристик ЗРС 45

С.Л. Старчак, В.В. Храмшин

Об одном подходе к поиску глобального оптимума в задаче определения

рационального боекомплекта группировки зенитных ракетных войск

смешанного типа для условий различных вариантов ударов

воздушного противника 49

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

С.О. Грачев, С.С. Троицкий

Регистрация и обработка информации для анализа результатов

работы многофункционального радиолокатора 55

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ПАО «НПО «Алмаз», 2017 г.
№ 2(14). С. 1–132

Подписано в печать 29.05.2017 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 105634

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», 2017

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

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

О.В. Денисенко Многопороговая обработка пачки радиолокационных сигналов	61
С.Б. Добровольский, О.В. Ижендеев, О.А. Соколов, А.А. Федотов Разработка и исследование малогабаритного передающего устройства	65
С.В. Заболотная, Е.В. Емельянов, А.Ю. Цыцарев, А.Н. Албутов Система автоматизированного управления, защиты и контроля выходного усилителя передающего устройства многофункционального радиолокатора	70
А.В. Нескородов Способ оценки флуктуационных ошибок сглаженных координат при использовании $\alpha\beta$ -фильтров для сопровождения целей	77
Д.В. Черников, Н.М. Плетнева, <u>А.В. Новиков</u> Ферритовые материалы для фазовращателей ФАР: состояние технологии и серийное производство в «КБ-1»	83
А.В. Чернов, А.В. Семенов Математические модели динамических следящих систем в пространстве состояний с нелинейностями фазовых координат	89
Д.А. Ягнятинский, Д.М. Ляхов, А.Н. Боршевников, В.Н. Федосеев Быстрый алгоритм управления адаптивной оптической системой по фокальному пятну для коррекции аберраций заданного порядка	96
Прикладные задачи применения информационных технологий	
А.О. Зубцов, И.А. Селянова Управление временем в распределённой системе имитационного моделирования многофункциональной РЛС с использованием технологии HLA	101
С.В. Кирюхин Метод обеспечения совместимости информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств на ранних этапах проектирования	106
А.С. Приветень, А.Ю. Пугачев, О.В. Анисимов, В.А. Курчидис Дескриптивная модель радиоэлектронной аппаратуры на основе онтологий для автоматизации информационной поддержки процесса диагностирования сложных технических комплексов	113
А.С. Русакова, Ю.С. Смирнова Вредоносное аппаратное обеспечение и противодействие ему на различных этапах жизненного цикла вооружения и военной техники	120
Аналитические исследования зарубежного опыта	
А.Е. Свистунов, Н.А. Малеева, В.А. Кульбякина Разработка новой РЛС для авианосцев и десантных вертолётноносцев ВМС США на основе конструкции перспективной РЛС AN/SPY-6 системы ПРО США AEGIS	126
Научные рецензии и отзывы	131

CONTENTS

► Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

A.D. Khzmalyan

Application of optimal digital signal processing in a digital antenna array radar5

S.S. Chebotarev

Economic evaluation of state defense order products profitability mechanism using $20(25)+1$ formula 11

S.S. Yudachev, R.P. Simonyants, V.N. Gerdi, V.I. Zavarzin

Engineering education problems and «Russian method» of specialists training 17

► Aerospace defense systems and components application

S.M. Antropova, V.A. Novikov, D.V. Popkova

Space object orbit parameters change after kinetic effect 22

U.O. Vereschagin, I.V. Snegireva

Hardware-simulation model of carrier aircraft flight dynamics at close-in dogfight and deck-landing modes 26

U.B. Dubov, K.V. Zakharov, O.I. Tkachenko

Thrust vector control initiation during aircraft landing 32

S.V. Zharkov, A.V. Guenko

Analytic description of sam self-homing dynamics at maneuvering target 41

A.A. Raev, V.I. Voronik, A.V. Kononenko, M.M. Kuznetsov, A.A. Raev

Use of unmanned aerial vehicles assessing air defense missile systems characteristics 45

S.L. Starchak, V.V. Khrumshin

Approach to global optimum search in determination problem of rational ammunition allowance of air defense missile troops grouping of mixed type for different strike variants against aerial enemy targets 49

► Design-engineering and technological research works

S.O. Grachev, S.S. Troitskiy

Registration and information processing for multifunction radar functioning results analysis 55

O.V. Denisenko

Multithreshold radar signal burst processing 61

C.B. Dobrovolskiy, O.V. Izhendeev, O.A. Sokolov, A.A. Fedotov

Research and development of small-size transmission unit 65

S.V. Zaboltnaya, E.V. Emelianov, A.U. Tsytsarev, A.N. Albutov

Automatic control, monitoring and protection system of multifunctional radar transmitter output amplifier 70

A.V. Neskorođov

Fluctuating errors estimating method of smoothed coordinates using $\alpha\beta$ -filters for targets tracking 77

D.V. Chernikin, N.M. Pletneva, A.V. Novikov

Ferrite materials for phase shifters passive phase arrays: state of the technology and serial production in «KB-1» 83

A.V. Chernov, A.V. Semenov <i>Dynamic follow-up systems mathematical models in state space with nonlinearity of phase coordinates</i>	89
D.A. Yagnyatinskiy, D.M. Lyakhov, A.N. Borshevnikov, V.N. Fedoseyev <i>Fast focal spot-based control algorithm for the adaptive optics system to correct the aberrations of a predetermined order</i>	96
► IT applied application tasks	
A.O. Zubtsov, I.A. Selyanova <i>Time management in distributed simulation modeling system of multifunctional radar station using HLA technology</i>	101
S.V. Kiryuhin <i>Information area compatibility assuring method of hardware-software built-in systems at early development stage</i>	106
A.S. Priveten, A.U. Pugachev, O.V. Anisimov, V.A. Kurchidis <i>Radio-electronic equipment descriptive model on the base of ontologies for informational support automation of complex technical systems diagnosis process</i>	113
A.S. Rusakova, J.S. Smirnova <i>Malicious hardware and countermeasures at various stages of weapons and military equipment life cycle</i>	120
► Foreign experience analytic research	
A.E. Svistunov, N.A. Maleeva, V.A. Kulbyakina <i>New radar development for us carriers and amphibious assault ships based on the new SPY-6 radar project for AEGIS BMD system</i>	126
► Scientific reviews and reference	131

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

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

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 621.396.96:621.391.26

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА В РЛС С ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКОЙ

© Автор, 2017

А.Д. Хзмалян доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,
главный специалист направления, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Разработаны алгоритм и программа цифровой обработки сигнала в РЛС с антенной решёткой, включая подавление помех, получение оптимальных оценок дальностей и скоростей целей (либо телеметрической информации) и несмещённых оценок направлений на помехи и цели. Реализована обработка квазинепрерывного, ЛЧМ и ФКМ сигналов, включая сигнал телеметрии. Оценки времени счёта указывают на возможность реализации программы в реальном времени.

Ключевые слова: радиолокация, цифровая обработка сигналов, антенная решётка.

An algorithm and a digital signal processing code for a radar with an antenna array are developed, including interference suppression and optimal estimation of target ranges and velocities (or telemetry information), and of unbiased target and interference directions. Processing of pulse-doppler, chirp, and PSK (including telemetry) signals are realized. Execution time measurements show that the code may be implemented in real time.

Keywords: radar, digital signal processing, antenna array.

Разработаны алгоритм и программа цифровой обработки сигнала в РЛС с антенной решёткой. Обработка проводится в спектральной области. Сигналы, принятые элементами антенны (подрешётками), преобразуются на промежуточную частоту, оцифровываются и вычисляются их дискретные спектры в пределах их полосы частот. Эти спектры далее подвергаются следующей обработке. Проводится адаптация и из спектра результирующего суммарного сигнала, очищенного от помех, с помощью процедуры оптимизации определяются число целей, их скорости и дальности. Используя эти результаты, из спектров сигналов подрешеток с помощью метода MUSIC находятся направления прихода помех и сигналов, отражённых от целей. Измеренное время работы программы для квазинепрерывного, ЛЧМ и ФКМ сигналов (включая сигнал телеметрии) указывают на возможность её использования для обработки сигналов в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ратынский М.В.** Адаптация и сверхразрешение в антенных решётках. – М.: Радио и связь, 2003. – 200 с.
2. **Хзмалян А.Д.** Результаты моделирования оптимальной цифровой обработки радиолокационного сигнала с учётом движения цели // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2014, Вып. 4(4). – С.91–96.
3. **Бакулев П.А., Степин В.М.** Методы и устройства селекции движущихся целей. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.

APPLICATION OF OPTIMAL DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN A DIGITAL ANTENNA ARRAY RADAR

A.D. Khzmalyan

An algorithm and a digital signal processing code for a radar with an antenna array are developed. The processing is implemented in the spectrum region. Signals received by the antenna elements (subarrays), are converted to the intermediate frequency, digitized, and their discrete spectra within the bandwidth are calculated. These spectra are then processed as follows. Adaptation is performed, and the resultant interference-free sum signal is used to retrieve the number of targets, their velocities and ranges by an optimization procedure. These results and the subarray spectra are used to find the interference and return-signal directions through the MUSIC method. The measured processing time for quasicontinuous (pulse-doppler), chirp, and PSK (including telemetry) signals shows that the code may be used for real-time processing.

Поступила 14 февраля 2017 года.

УДК 338.1; 338.2; 338.4

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРОДУКЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА ПО ФОРМУЛЕ $20(25) + 1$

© Автор, 2017

С.С. Чеботарев доктор экономических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
директор Департамента экономических проблем развития оборонно-промышленного комплекса,
АО «ЦНИИ экономики, информатики и систем управления», г. Москва
E-mail: StSt57@yandex.ru

Дана экономическая оценка действующего в современных условиях механизма формирования рентабельности продукции государственного оборонного заказа по формуле $20(25)+1$.

Ключевые слова: издержки, механизм, предприятие, прибыль, процесс, рентабельность, система, управление.

The economic evaluation of the current state defense products profitability mechanism was performed using a $20(25)+1$ formula.

Keywords: costs, mechanism, enterprise, profit, process, profitability, system, management.

Экономические отношения по выполнению государственного оборонного заказа (ГОЗ) в звене государственный заказчик и головной исполнитель (исполнитель) в современных условиях строятся на основе механизма формирования рентабельности продукции ГОЗ по формуле $20(25) + 1$, который подвержен критике в большинстве случаев со стороны исполнителя. В статье исследуется предмет (сущность) определения рентабельности продукции ГОЗ предприятиями ОПК по данной формуле.

Величина прибыли в составе начальной (максимальной) цены государственного контракта, а также цены государственного контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем) на поставку продукции (работ, услуг) по ГОЗ является расчетной величиной и определяется в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормативными правовыми актами, регламентирующими данный вопрос. Объективным показателем, отражающим уровень прибыли организации, является рентабельность продукции, так как она, учитывая различия между ее ожидаемым и полученным уровнем, выполняет четыре основные функции: 1) основа принятия инвестиционного решения; 2) измеритель результатов деятельности организации; 3) источник самофинансирования организации; 4) вознаграждение владельцам капитала.

Распределение прибыли может меняться вместе с изменением налогового законодательства, соответственно будет корректироваться и расчет целевой нормы рентабельности. Она будет иметь также особенности исчисления в зависимости от характера и вида деятельности предприятия. Поэтому, если предприятие будет иметь в цене прибыль на уровне не меньше, чем рассчитано по норме, то в планируемом периоде в результате реализации продукции по таким ценам оно обеспечит себе поступление необходимой прибыли. Этой прибыли будет достаточно, чтобы использовать ее по всем планируемым направлениям и уплатить налоги. Целевую норму рентабельности надо знать в качестве ориентира и при применении других методов ценообразования при заключении договоров на производство или поставку продукции. В рамках ассортимента рентабельность продукции на предприятии может затем дифференцироваться в зависимости от спроса на продукцию, её социальной значимости, но ценовая политика в целом должна быть ориентирована на её целевое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чеботарев В.С. и др. Финансово-кредитная система. Учебник. – Н. Новгород, Нижегородская Академия МВД России, 2010, Т.1. – 240 с.
2. Соколов М. Как помочь реальному производству // Газета РБК № 023 (2279) 1002). – URL: <http://www.rbc.ru/newspaper/2016/02/10/56bc83ef9a794713b41712ec> (дата обращения 15.06.2016).
3. Чеботарев С.С., Кохно П.А., Белоконов С.П. Проблемы экономического развития ОПК и пути их решения // Вестник академии военных наук. – 2014, № 4(49). – С.142–153.
4. Чеботарев С.С., Кохно П.А. Модели и перспективы развития оборонно-промышленного комплекса // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2015, №2. – С.3–20.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 №441 «О некоторых вопросах определения начальной цены (цены) государственного контракта по государственному оборонному заказу».
6. Федеральный закон от 29.12.2012 №275-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О государственном оборонном заказе».

7. Приказ ФСТ России от 15.12.2006 №394 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению уровня рентабельности при производстве продукции (работ, услуг) оборонного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу».
8. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31429> (дата обращения 12.09.2016).

ECONOMIC EVALUATION OF STATE DEFENSE ORDER PRODUCTS PROFITABILITY MECHANISM USING 20(25) + 1 FORMULA

S.S. Chebotarev

The economic relations in terms of state defense order (SDO) execution in State customer and Leading contractor (contractor) relation in present-day conditions are built on the base of the SDO products profitability mechanism using a 20(25)+1 formula, which is the subject to criticism from the Contractor side in the most cases. The article examines the subject matter in determination of SDO products profitability by the defense industry complex (DIC) enterprises according to the formula.

The profit margin as part of initial (maximum) price of the state contract, and including the state contract price with the single supplier (contractor, acceptor) for products (works, services) delivery according to the SDO is the calculated value and is defined in accordance with the Russian Federation legislation and regulations, specifying the issue. The objective index, representing the organization profit level, is the products profitability as it performs (taking into account the difference between its estimated and received level) the four main functions: 1) the basis of investment decision-making; 2) the organization performance results estimator; 3) the organization self-financing source; 4) fund holders reward.

The profit distribution can be changed with the tax legislation amendments; correspondingly the target profitability rate estimation will be corrected; and it will have the calculation particularities depending on the enterprise activity nature and profile. Therefore, if the enterprise would have the profit in price at level not less than was estimated through the rate, then due to products sales at such prices within the planning period it will provide itself the income of essential profit. This profit will be enough to use it in all planned areas and for tax payment. The target profitability rate should be learned as reference point and during other pricing methods application when there are contracts for manufacturing or products delivery. In the frames of products range the production profitability at the enterprise could be then differentiated depending on product demand, its social significance, but the pricing policy as a whole should be oriented to its target value.

Поступила 20 января 2017 года.

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И «РУССКИЙ МЕТОД» ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

© Авторы, 2017

С.С. Юдачев кандидат технических наук, доцент,
декан факультета РТ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
E-mail: judachev@gmail.com

Р.П. Симоньянц кандидат технических наук, доцент,
декан факультета АК, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

В.Н. Герди кандидат технических наук, доцент,
декан факультета ПС, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

В.И. Заварзин доктор технических наук, профессор,
декан факультета ОЭП, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Показано, что современные проблемы инженерной школы характеризуются недостаточностью практики. Отмечается возможность негативного влияния международной программы CDIO на решение вопросов подготовки квалифицированных кадров для предприятий ОПК, обеспечения предприятий ОПК инженерными кадрами. Обсуждается позитивный опыт применения инновационных технологий подготовки инженеров на отраслевых факультетах МГТУ им. Н.Э. Баумана, функционирующих при промышленных предприятиях ОПК.

Ключевые слова: инженерное образование, практико-ориентированное обучение, непрерывная практика, отраслевой факультет, «русский метод» обучения, программа CDIO.

The article demonstrates that the current problems of the School of Engineering are characterized by lack of good practice. There is a possibility of negative impact of the international CDIO programs on the issues of training qualified personnel for the defense industry complex. The positive experience of using innovative technologies in engineer training at the Bauman Moscow State Technical University (BMSTU) industrial-based faculties attached to the defense industry enterprises is discussed.

Keywords: engineering education, practice-oriented education, continuous practice, industry-based faculty, Russian teaching method, CDIO program.

Современные проблемы инженерного образования обусловлены глубоким разрывом с реальным миром инженерной деятельности. Они актуальны практически во всех регионах мира и мало зависят от национальных особенностей. Для решения этой проблемы выдвинута международная программа «CDIO» (Conceive, Design, Implement, Operate), которую США активно внедряют по всему миру. Ею предусматривается реформирование инженерного образования, ориентирующее учебный процесс на приобретение студентами как теоретических знаний, так и практических навыков. В сеть CDIO вошли сотни ведущих технических университетов многих стран, в том числе и России.

Требования к выпускнику, провозглашаемые программой CDIO, для России не новость. В частности, в МГТУ им.Н.Э. Баумана давно используют образовательные технологии, решающие аналогичные задачи, опираясь на использование «русского метода» **подготовки специалистов. Они являются** основным принципом в системе подготовки на факультетах при промышленных предприятиях: выпускник должен быть подготовлен так, чтобы сразу после окончания университета мог на высоком профессиональном уровне выполнять свои инженерные обязанности. Концептуальная основа таких образовательных технологий – максимальная интеграция университетского образования, отраслевой науки и производства. Реализуется предельно полное погружение студентов в профессиональную среду творческого коллектива предприятия. Стажирясь на предприятии весь период обучения, студент постоянно участвует в научно-производственном процессе. Такая система обучения студента обеспечивает переход от познания через воспроизведение информации к познанию через понимание сути изучаемых явлений и процессов на основе мышления и практического опыта.

Образовательные технологии методом «погружения» в профессиональную среду приобретают сейчас чрезвычайно большое значение, когда соперничество стран мира все более явно переходит в область национальных систем образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Первый Всемирный доклад ЮНЕСКО по инженерным наукам: нехватка инженеров – угроза развитию // UNESCO.ORG: Франция. 2010. – URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf> (дата обращения: 25.01.2014).
2. *The 1st International Education Forum on Aeronautical and Astronautical Engineering* // POLYU.EDU.HK: Пекин. 2012. – URL: <http://www.polyu.edu.hk/me/en-us/Staffevents/detail/44> (дата обращения: 23.12.2013).
3. Ливанов Д.В. Стенограмма: Официальное открытие Международного семинара по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования / OLD.MISIS.RU: Москва. 2011. – URL: <http://old.misis.ru/ru/4556/ctl/Details/mid/9959/itemID/5980> (дата обращения: 18.01.2014).
4. МАИ вступил во Всемирную Инициативу CDIO / MAI.RU: Москва. 2009. – URL: http://www.mai.ru/events/news/detail.php?ELEMENT_ID=34817 (дата обращения: 27.01.2014).
5. Симоньянц Р.П., Фокин Ю.Г. Система направленной инженерной подготовки студентов на факультете при базовом НПО / под ред. Ю.Г. Фокина // Содержание, формы и методы обучения в высшей школе. – М.: 1994, НИИВО: Вып.3. – 24 с.
6. Симоньянц Р.П. Аэрокосмический факультет готовит элитные кадры для «НПО машиностроения» // Аэрокосмические технологии, 2004–2007 // Труды Всероссийских и Международной научно-технических конференций (Реутов – Москва, 2004 – 2007) / под ред. Р.П. Симоньянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С.314–316.
7. Симоньянц Р.П., Куранов Е.Г. Непрерывная научно-производственная практика студентов Аэрокосмического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана и её связь с решением производственных задач «НПО машиностроения» // Аэрокосмические технологии: Материалы Первой международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея (РФ, Москва – Реутов, 24–25 мая 2004) / под ред. Р.П. Симоньянца. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, «НПО машиностроения», 2004. – С.350–351.
8. Хромушкин А.В., Козлов Л.И. Роль Аэрокосмического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана в сохранении кадрового потенциала НПО машиностроения // Аэрокосмические технологии: Материалы Первой международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея (РФ, Москва – Реутов, 24–25 мая 2004) / под ред. Р.П. Симоньянца. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, «НПО машиностроения», 2004. – С.355–357.
9. Симоньянц Р.П. Эффективность образовательной технологии инженерной подготовки с погружением студентов в профессиональную среду научно-производственного предприятия // Актуальные проблемы российской космонавтики: Труды XXX Академических чтений по космонавтике. Москва, январь 2006 / под общей ред. А.К. Медведевой. – М.: Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, 2006. – С.289–291.
10. Герди В.Н., Фадеев А.С., Крехтунов В.П., Волинцев А.А. Отраслевой факультет как эффективная форма интеграции образования, науки и производства // Сборник статей и докладов Научно-практической конференции, посвящённой 100-летию Военно-воздушных сил, МГТУ им. Н.Э. Баумана «Подготовка кадров для высокотехнологического комплекса: опыт и перспективы», 17 ноября 2012 года / под ред. академика РАН И.Б. Федорова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – С.89–94.
11. Заварзин В.И. Подготовка специалистов-оптиков на факультете «Оптико-электронное приборостроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана // Сборник статей «Оптические приборы и системы» / сост. А.А. Аникьев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, № 609. – С.25–30.
12. Симоньянц Р.П. Проблемы инженерного образования и их решение с участием промышленности // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана // Электрон. журн. 2014, №3. – DOI: 10.7463/0314.0699795.
13. Юдачев С.С., Леманский Д.А., Галев А.В. Опыт эффективного партнерства по подготовке инженерных кадров // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, №2(10). – С.35–39.
14. Фадеев А.С., Герди В.Н., Балтян В.К., Федоров В.Г. Интеграция образования, науки и производства: модель Бауманского университета // Высшее образование в России. – 2016, №4. – С. 55–63.
15. Дьюи Дж. Психология и педагогика мышления (Как мы мыслим). – М.: Лабиринт-К, 1999. – 192 с.

ENGINEERING EDUCATION PROBLEMS AND «RUSSIAN METHOD» OF SPECIALISTS TRAINING

S.S. Yudachev, R.P. Simonyants, V.N. Gerdi, V.I. Zavarzin

The up-to-date engineering education problems are stipulated by the gap with the real world of engineering activity. They are relevant in almost all regions of the world and are barely dependent on national peculiarities. To solve this problem the CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) program was performed, which is actively introduced all over the world by the USA. It provides for engineering education reforming, orienting the educational process towards theoretic knowledge acquisition by the students and skills as well. The CDIO network comprises a hundreds of leading technical universities of many countries, including the Russian Federation.

The requirements to alumnus within the CDIO program frameworks are known to the Russian side. Particularly, the BMSTU have been used the educational technologies for a long time which solve the same tasks basing on «the Russian method» of specialist training. The technologies are the main principal in training system at faculties attached to industrial enterprises: an alumnus should be trained so that after the university graduation he can fulfill the engineering duties at high professional level. The conceptual base of such educational technologies – is the maximum integration of university education, sectoral science and manufacturing. An ultimate students dipping into the professional environment of an enterprise creative team is realized. During the on-the-job training for the whole education period the student is constantly involved in scientific and production (R&D and manufacturing) process. This education system for a student provides the pass from learning through

information reproduction – to learning through core understanding of studying phenomena and processes based on brainwork and practical experience.

The educational technologies through the «dipping method» into the professional environment are assuming nowadays a great importance when the world competition is more evidently switches to the indigenous education systems area.

Поступила 1 декабря 2016 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 519.212.2

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОРБИТЫ КОСМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПОСЛЕ КИНЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

© Авторы, 2017

С.М. Антропова

главный специалист направления, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

В.А. Новиков доктор технических наук, профессор,

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

Д.В. Попкова

инженер 2 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Рассматривается задача оценки состояния космического объекта (КО) в случае кинетического воздействия прямым попаданием ступени ракеты-носителя (РН). Производится моделирование процесса кинетического воздействия, изменения параметров движения КО и оценка возможности фиксации момента времени воздействия средствами наблюдения радиолокационной станции (РЛС) по координатной информации о движении КО.

Ключевые слова: изменение параметров движения, космический объект, моделирование кинетического воздействия, оценка параметров движения КО.

The estimation problem of space object (SO) state in case of kinetic effect after direct hit of launch-vehicle (LV) stage is examined.

Keywords: movement parameters change, space object, kinetic effect modeling, SO movement parameters estimation.

В статье рассматривается задача оценки параметров движения космического объекта до и после кинетического воздействия. Актуальность данной задачи обусловлена необходимостью оперативного принятия решения об изменении состояния КО с помощью фиксации факта кинетического воздействия с целью своевременного информирования средств противоракетной и противокосмической обороны. Под кинетическим воздействием в рассматриваемой задаче подразумевается столкновение крупного КО с последней ступенью ракеты-носителя (РН). В результате столкновения КО приобретает приращение линейной скорости, и постепенно сходится со своей изначальной орбиты.

Для решения рассматриваемой задачи разработана модель, которая позволяет рассчитать изменение параметров орбиты КО в задаваемых условиях кинетического воздействия. С помощью разработанной модели в статистическом моделировании получены результаты, в ходе анализа которых выявлен критерий формирования признака изменения параметров орбиты КО в следствие кинетического воздействия. Показано, что предложенный подход к решению задачи оценки состояния КО позволяет достоверно и оперативно принимать решение о факте кинетического воздействия на КО по изменению параметров орбиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования: изд. 4-е, перераб. и доп. / под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с., ил.
2. Дунаев С.М. Метод инерциального наведения на участке разгона изделия с нестабильными летно-техническими характеристиками. – М.: Антенны, 2013, №1(188). – С.23–24.
3. Альфред Хендель. Основные законы физики: перевод с третьего немецкого издания И.Ф. Головиной / под ред. проф. Н.Н. Малова. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 284 с.

SPACE OBJECT ORBIT PARAMETERS CHANGE AFTER KINETIC EFFECT

S.M. Antropova, V.A. Novikov, D.V. Popkova

The article states the estimation problem of space object movement parameters before and after kinetic effect. The relevancy of the task is stipulated by the on-line decision-making necessity on SO state change using the fixation of kinetic effect fact in order to timely inform the AD and MD systems. The kinetic effect within the examined task refers as impact of large SO with terminal stage vehicle. As a result of impact the SO acquires increment of linear speed, and gradually shifts from its initial orbit.

To handle the considered problem the model was developed which permits to calculate parameters change of SO orbit in assigned conditions of kinetic effect. Using the developed model in static modeling the results were obtained which show the indicator forming criterion of SO orbit parameters change due to kinetic effect. It was demonstrated that the suggested approach to solve the estimation problem of space object state permits to credibly and in-line make a decision on kinetic effect fact on space object according to orbit parameters change.

Поступила 18 января 2017 года.

АППАРАТНО-ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПОЛЁТА ПАЛУБНОГО САМОЛЁТА НА РЕЖИМАХ БЛИЖНЕГО ВОЗДУШНОГО БОЯ И ПАЛУБНОЙ ПОСАДКИ

© Авторы, 2017

Ю.О. Верещагин

адъюнкт, ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Жуковский, Московская обл.
E-mail: proartvm@mail.ru

И.В. Снегирева

старший преподаватель, МАИ (НИУ), г. Москва
E-mail: Strela-mai@mail.ru

В статье представлены результаты исследований в области создания аппаратно-имитационной модели, обеспечивающей обоснование адаптивного алгоритма управления элеронами палубного самолёта с несимметричными внешними подвесками, улучшающего характеристики управляемости при выполнении ближнего манёвренного воздушного боя и посадки на авианесущий корабль.

Ключевые слова: управляемость, адаптивная система управления, идентификация, моделирование.

The demonstrates the research results in hardware-simulation model development area, providing ailerons control algorithms of carrier aircraft with asymmetric external loads, improving handling characteristics during close maneuvering dogfight and aircraft carrying ship landing.

Keywords: handling, adaptive control system, identification, modeling.

Научно-методическое сопровождение процесса испытания, освоения и безаварийной эксплуатации летательных аппаратов немыслимо без применения достижений авиационной науки и богатых возможностей современных программно-аппаратных средств и имитационного моделирования. Под имитационным моделированием понимается метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей функционирование реальной системы. Имитационное моделирование широко распространено при отработке высокоавтоматизированных цифровых систем управления современных самолётов и реализуется с использованием стендов типа «электронная птица» [1].

Практика эксплуатации различных модификаций самолётов МиГ-29, оснащённых механической системой управления, выявила существенный недостаток, связанный с ухудшением аэродинамической эффективности элеронов. При их дифференциальном отклонении создается момент рыскания, приводящий к развитию неблагоприятного скольжения. В результате самолёт начинает реагировать креном на скольжение в сторону, противоположную отклоненной ручке управления в канале крена. Это приводит к уменьшению располагаемой скорости крена или даже обратной реакции на отклонения ручки управления. Палубный самолёт МиГ-29К(КУБ), оснащённый высокоавтоматизированной цифровой комплексной системой управления, не лишён этого недостатка в силу физической природы создания сил и моментов, возникающих при дифференциальном отклонении элеронов. Проблема ещё в большей степени усугубляется в том случае, если на самолёте размещены внешние подвески, причём их конфигурация является несимметричной. Несимметрия может быть вызвана аварийными ситуациями или штатным вариантом вооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Популярная механика – Российские самолёты: как испытывали стендовый макет МС-21. – URL: <http://www.popmech.ru/technologies/236441-rossiyskie-samolyety-kak-ispytyvali-stendovyy-maket-ms-21> (дата обращения 16.02.2017).
2. Способ адаптивного управления самолётом по крену. Патент на изобретение № 2600025, Российская Федерация. Заявка №2014142715 от 22.10.2014.
3. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. – г. Самара: Самарский государственный технический университет, 2009. – 136 с.
4. Программа для моделирования динамики сверхзвукового манёвренного самолёта с комплексной системой управления на пилотажном стенде. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014661177, 27.06.2014.

5. Пилотажный стенд манёвренного самолёта. Патент на полезную модель №156567, Российская Федерация. Заявка №2014141686 от 15.10.2014.
6. **Ефремов А.В., Захарченко В.Ф., Овчаренко В.Н. и др.** Динамика полёта: Учебник для студентов высших учебных заведений / под ред. Г.С. Бюшгенса. – М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
7. **Костин П.С., Верещагин Ю.О.** Реализация траекторного управления в горизонтальной плоскости с адаптивным алгоритмом управления поперечным движением самолёта // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2014, №208(10). – С.117.
8. **Ефремов А.В., Кошеленко А.В., Тяглик М.С.** Разработка программного обеспечения комплекса виртуальной реальности для моделирования и демонстрации процессов спуска и посадки пилотируемых космических аппаратов на лунную поверхность: Отчёт о НИР. – М.: Московский авиационный институт, 2013. – 153 с.

HARDWARE-SIMULATION MODEL OF CARRIER AIRCRAFT FLIGHT DYNAMICS AT CLOSE-IN DOGFIGHT AND DECK-LANDING MODES

U.O. Vereshagin, I.V. Snegireva

The methodological support of test process, assimilation and trouble-free operation of aircraft is unconceivable without application of aeronautical science achievements and comprehensive possibilities of up-to-date software-hardware and simulation modeling. The simulation modeling means the research method in which the studied system is substituted with the model, adequately outlining the functioning of the real system. The simulation modeling is widely known during adjustment of highly-augmented digital control systems of modern aircraft and is realized by using the test-beds of «digital bird» type [1].

The operating practice of different MiG-29 aircraft versions equipped with mechanical control system exposed the substantial defect dealing with ailerons aerodynamic efficiency deterioration. At its differential deflection the side (yawing) moment is created coming to evolving of unfavorable sliding. As a result an aircraft starts to respond with roll to sliding to the opposite direction of deflected control stick in roll channel. This leads to decrease of available roll velocity or even to reversal. The MiG-29K (KUB) carrier aircraft equipped with highly-augmented digital integrated control system is inherent to this demerit due to physical nature of force and moment generation arising at ailerons differential deflection. The problem is worsening with the case when there are external loads on aircraft where its configuration is an asymmetric. An asymmetry can be caused by an emergency situations or standard weapons version.

Поступила 12 апреля 2017 года.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКЛОНЯЕМОГО ВЕКТОРА ТЯГИ ПРИ ПОСАДКЕ САМОЛЁТА

© Авторы, 2017

Ю.Б. Дубов доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник, ФГУП «ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Московская обл.
К.В. Захаров кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, ФГУП «ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Московская обл.
О.И. Ткаченко кандидат технических наук,
начальник отдела, ФГУП «ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Московская обл.
E-mail: Flight15@tsagi.ru

Одной из задач динамики самолёта при выполнении посадки является сокращение длины пробега самолёта по ВПП. Под большими углами атаки при посадке самолёта имеются в виду углы атаки, превышающие значения, допустимые с точки зрения отсутствия касания ВПП хвостовой частью самолёта. Посадку самолёта с выходом на большие углы атаки и тангажа целесообразно выполнять с использованием ОВТ и с автоматическим управлением на предпосадочном манёвре, обеспечивающем касание ВПП с допустимым углом тангажа и допустимой нагрузкой на носовое шасси. Предложен алгоритм управления, заключающийся в выдерживании заданной угловой скорости тангажа. Выполнение манёвра требует обеспечения информации о высоте самолёта относительно ВПП с достаточно высокой точностью.

Ключевые слова: вектор тяги, посадка, угол атаки, шасси.

One of the aircraft dynamics tasks at landing is the shortening of landing run. High angles of attack during aircraft landing are the angles of attack exceeding the values acceptable in terms of no runway touchdown by the tail. The landing with high angles of attack and pitch is reasonable to carry out with thrust vector control (TVC) initiation and with automatic control at final maneuver that ensures touch down operation with the acceptable pitch angle and allowable load on the nose gear. The control algorithm to maintain a predetermined pitching angular velocity is proposed. Completion of the maneuver requires information support on aircraft height relative to runway with a quite high accuracy.

Keywords: thrust vectoring, landing, angle of attack, landing gear.

Одной из задач динамики самолёта при выполнении посадки является сокращение длины пробега самолёта по ВПП. Под большими углами атаки при посадке самолёта имеются в виду углы атаки, превышающие значения, допустимые с точки зрения отсутствия касания ВПП хвостовой частью самолёта. Посадку самолёта с выходом на большие углы атаки и тангажа целесообразно выполнять с использованием ОВТ и с автоматическим управлением на предпосадочном манёвре, обеспечивающем касание ВПП с допустимым углом тангажа и допустимой нагрузкой на носовое шасси. Предложен алгоритм управления, заключающимся в выдерживании заданной угловой скорости тангажа. Выполнение манёвра требует обеспечения информацией о высоте самолёта относительно ВПП с достаточно высокой точностью.

Рассмотрены варианты посадки на углах атаки 20...25° с поворотом самолёта до допустимых значений угла тангажа при выполнении предпосадочного манёвра. При посадке с большими углами тангажа имеет место проблема отсутствия обзора ВПП и района приземления из кабины лётчика. Данная проблема может быть решена за счёт установки на самолёте телевизионной камеры и передачи изображения на экран монитора в кабине самолёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Steven J. Hollwell S.J. Michael R. Robinson.** Extremely Short Take-off And landing Of Aircraft Using Multi-axis Thrust Vectoring // Patent US5984229A, 1999.
2. **Selmon J.R., Steven N. White, John H. Sheen, David I. Bass, Luis Miranda, David Lawrence.** High Angle Of Attack Autonomos Landing Using The X-31A Aircraft // AIAA 2001-4207.
3. **Fischer B. Dr. Knoll A.** High Angle Of Attack Approach And Landing Control Law Design For The X-31A // ICAS2002 Congress. – P.534.1-534.11.
4. **Visser H.G.** Optimization Of High Angle-Of-Attack Approach And Landing Trajectories // ICAS2004, 24th International Congress of the Aeronautical Sciences. – P.534.1-534.11.

5. Засовин А.И., Почкаенко А.А. Исследование возможностей обеспечения короткой посадки // Труды 1-й научно-технической конференции молодых специалистов и учёных ОКБ Сухого. – М., 2002.
6. Захаров К.В., Желонкин В.И., Смирнов К.С., Ткаченко О.И. Исследование посадки самолёта на корабль и короткую ВПП // Сборник статей «Современные проблемы динамики и систем управления летательных аппаратов» / под ред. Б.С. Алешина. – М.: Труды ЦАГИ, 2011, Вып. №2699. – С.94–106.
7. Тарасов А.З., Егин П.А. Методика назначения ограничения угла атаки при касании ВПП при посадке. – ТВФ, 2007, Т.LXXXI, №3-4. – С.51–56.

THRUST VECTOR CONTROL INITIATION DURING AIRCRAFT LANDING

U.B. Dubov, K.V. Zakharov, O.I. Tkachenko

One of the aircraft dynamics tasks at landing is the shortening of landing run. High angles of attack during aircraft landing are the angles of attack exceeding the values acceptable in terms of no runaway touchdown by the tail. The landing with high angles of attack and pitch is reasonable to carry out with thrust vector control (TVC) initiation and with automatic control at final maneuver that ensures touch down operation with the acceptable pitch angle and allowable load on the nose gear. The control algorithm to maintain a predetermined pitching angular velocity is proposed. Completion of the maneuver requires information support on aircraft height relative to runway with a quite high accuracy.

Landing variants at angles of attack of 20...25° with aircraft turn to the admissible values of pitch angle during a pre-landing maneuver are considered. During landing with high pitch angles there is a problem of zero runway and landing area visibility from the pilot's cockpit. The problem can be solved by installing TV camera on the aircraft and transmitting the image to head-down display (HDD).

Поступила 1 ноября 2016 года.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДИНАМИКИ САМОНАВЕДЕНИЯ ЗУР НА МАНЕВРИРУЮЩУЮ ЦЕЛЬ

© Авторы, 2017

С.В. Жарков кандидат технических наук, профессор,
профессор кафедры, ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск
E-mail: slash146@mail.ru

А.В. Гуенко
начальник научно-исследовательского испытательного отдела,
4 ГЦМП МО РФ, г. Знаменск, Астраханская обл.
E-mail: alecs-grin@rambler.ru

В данной работе для анализа динамики самонаведения ЗУР применён аналитический метод с использованием модели контура наведения с учётом инерционных свойств. В результате анализа выявлена зависимость конечного промаха самонаводящейся ЗУР от времени начала манёвра цели.

Ключевые слова: самонаведение, управляемая ракета.

To analyze the SAM self-homing dynamics the analytic method was applied using the guidance loop model with regard to inertial properties. As a result of the analysis the dependence of terminal miss of self-homing SAM from target maneuvering start time was found out.

Keywords: self-homing, missile.

Объектом исследования является процесс самонаведения ЗУР на интенсивно маневрирующую цель.

Цель статьи – теоретическая оценка качества системы самонаведения ЗУР для определения возможностей управления ракетой при перехвате маневрирующих целей в условиях ограничений величины располагаемых нормальных ускорений.

Основные результаты:

- выполнен качественный и приближенный количественный анализ динамики самонаведения зенитной ракеты на маневрирующую цель;
- определено возможное направление разрешения противоречия между снижением инерционности контура самонаведения до допустимых значений и сохранением его устойчивости.

Актуальность материала статьи заключается в:

- применении аналитического метода исследования динамики самонаведения для получения точного решения системы дифференциальных уравнений, описывающих этот процесс, с аппроксимацией аппаратурной части зенитной ракеты;
- необходимости научного обоснования возможных путей эффективного перехвата интенсивно маневрирующих воздушных целей зенитными управляемыми ракетами с самонаведением.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петров Л.М.** Динамика самонаводящихся ЗУР. Учебное пособие. – Киев: КВАИУ им. С.М. Кирова, 1973. – 125 с.

ANALYTIC DESCRIPTION OF SAM SELF-HOMING DYNAMICS AT MANEUVERING TARGET

S.V. Zharkov, A.V. Guenko

The research subject is the SAM self-homing process at intensive maneuvering target.

The object of an article is the theoretical estimate of SAM self-homing system to determine missile control possibilities during interception of maneuvering targets amidst available normal acceleration rates boundaries.

The main results:

- the qualitative and approximate quantitative analysis of SAM self-homing dynamics at maneuvering target is fulfilled;
- the possible conflict resolution direction between respond time reduction of self-homing loop up to permissible values and maintaining of its stability was determined.

The article relevancy consists in:

- applying of analytic research method of self-homing dynamics to obtain the accurate solution of differential equation system describing this process with approximation of SAM equipment part;
- scientific rationale necessity of possible ways for an effective interception of intensive maneuvering aerial targets by SAMs with self-homing systems.

Поступила 10 февраля 2017 года.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРС

© Авторы, 2017

А.А. Раев кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
начальник НИЦ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: dpod@gskb.ru

В.И. Вороник кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.В. Кононенко
зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

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

А.А. Раев
ведущий специалист, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Анализируется возможность использования беспилотных летательных аппаратов при оценке характеристик зенитных ракетных систем. Рассмотрены условия проведения оценки; задачи, для решения которых целесообразно использовать беспилотники, и возникающие при этом ограничения.

Ключевые слова: зенитные ракетные системы, оценка характеристик, беспилотные летательные аппараты, облёт.

The unmanned aerial vehicles (UAV) usability is analyzed at assessment of air defense missile systems characteristics. The analysis carrying conditions were examined, and problems, for solution of which is reasonable to use UAVs, where constrains can arise.

Keywords: air defense missile systems, characteristics estimation, unmanned aerial vehicles, fly off.

Активное развитие БПЛА вызывает интерес к рассмотрению возможности их применения для оценки характеристик зенитно-ракетных систем. Анализ условий проведения оценки позволяет выделить такие направления применения БПЛА, как обеспечение облётов радиолокационных средств, создание мишенной обстановки, оценка величины промаха ракеты, обеспечение безопасности пусков ракет, поиск мест падения элементов ракет и мишеней.

В процессе проведения облётов возможно решение задач по определению зоны обнаружения радиолокационных станций, оценке параметров зоны радиоканала «земля-борт», оценке основных характеристик головки самонаведения и радиовзрывателя. При этом ожидается не только существенное снижение материальных затрат, но и повышение качества решаемых задач, обеспечение высокого уровня безопасности лётных экспериментов.

Однако современные БПЛА не в состоянии полностью заменить применение боевой авиации в процессе оценки зенитно-ракетных систем, так как их лётно-технические характеристики не всегда удовлетворяют требованиям проводимых лётных экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчёт по совместным испытаниям системы 200. Наземные радиотехнические средства, книга 1: Радиолокатор подсвета цели. – 1967.
2. **Леонов А.И., Леонов С.А., Нагулино Ф.В., Омельчук В.П., Степанов С.П.** Испытания РЛС (оценка характеристик). – М.: Радио и связь, 1990.

USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES ASSESSING AIR DEFENSE MISSILE SYSTEMS CHARACTERISTICS

A.A. Raev, V.I. Voronik, A.V. Kononenko, M.M. Kuznetsov, A.A. Raev

An active UAV development sparks interest in its employment possibility analysis in order to determine air defense missile systems characteristics. The estimation carrying conditions analysis permits to highlight the following UAV employment directions: ensure the fly off of radars, built-up of target layout, missile miss distance estimation, ensure the missiles launch safety, search of drop points of missile and target vehicle components.

During fly off it's possible to solve tasks of determining the radar detection area, parameters estimation of uplink radio channel zone, estimation of seeker and radio fuze main characteristics. Herewith it's expected not only the considerable reduction of material expenses but the quality increasing of solving tasks and ensuring a high level of flight experiments safety.

However the up-to-date UAVs can't fully substitute the combat aviation employment during analysis of air defense missile systems since its flight characteristics are not always comply with requirements of conducted flight experiments.

Поступила 23 декабря 2016 года.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОИСКУ ГЛОБАЛЬНОГО ОПТИМУМА В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО БОЕКОМПЛЕКТА ГРУППИРОВКИ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ ВОЙСК СМЕШАННОГО ТИПА ДЛЯ УСЛОВИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ УДАРОВ ВОЗДУШНОГО ПРОТИВНИКА

© Авторы, 2017

С.Л. Старчак доктор технических наук, доцент,
профессор отдела учебного военного центра, Военный институт МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
E-mail: strchak@bmstu.ru

В.В. Храмшин
адъюнкт, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль

Для решения задачи поиска оптимального боекомплекта группировки зенитных ракетных войск смешанного состава рассмотрен один из подходов, позволяющий определить минимальную мощность области пространства решений, не имеющей детерминированных границ, но при этом гарантированно содержащую оптимум.

Ключевые слова: боекомплект, группировка зенитных ракетных войск смешанного состава, дискретная оптимизация, сценарий, полисценарная база, целевая функция.

To solve the search problem of optimal ammunition allowance of air defense missile grouping of mixed type the one of approaches is examined permitting to determine the minimum power of solution space area without deterministic boundaries but herewith reliably containing an optimum.

Keywords: ammunition allowance, air defense missile grouping of mixed type, discrete optimization, scenario, polyscenario base, objective function.

С целью определения состава и характеристик разнородного боекомплекта группировки зенитных ракетных войск смешанного типа, оптимального для условий различных вариантов ударов воздушного противника, предложен подход, обеспечивающий определение границ и минимальную мощность пространства решений задачи, гарантированно содержащих глобальный оптимум. Основная идея заключается в максимальном «сжатии» исходного множества вариантов группировок, априорно не имеющего чётких границ, до подмножества вариантов, оптимальных для соответствующих частных сценариев, с последующим восстановлением и систематизацией подмножества таким образом, что поведение функции качества подмножества вариантов будет аппроксимировано вогнутой поверхностью. В этом случае варианты локально оптимальных группировок являются опорными точками окрестности оптимума, относительно которых восстанавливается и структурируется подмножество. Данное подмножество будет иметь минимально необходимую мощность для гарантированной локализации и отыскания оптимума системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П.** Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. – М.: Издательство «Машиностроение», 2010. – 368 с.
2. **Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И.** Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. – М.: Граница, 2005. – 519 с.
3. **Алдошин В.М., Колганов С.К., Фомин А.Н.** Основные положения методологии обоснования приоритетных направлений разработки оборонных технологий: монография. – М.: Радио и связь, 1998. – 256 с.
4. **Абросимов В.Н., Дементьев И.В.** Методический подход к совместному применению зенитного ракетного комплекса средней дальности и зенитного ракетно-пушечного комплекса при отражении ударов ОТБР // Сборник докладов XV Всероссийской НПК «Проблемы развития и применения средств ПВО на современном этапе», 2–3 октября 2014, ВКА им. А.Ф. Можайского (филиал, г. Ярославль). – Ярославль, 2014. – 458 с.
5. Методические основы и математические методы. Исследование операций / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981, т.1.
6. **Дружинин В.В., Конторов Д.С.** Вопросы военной системотехники. – М.: Воениздат, 1976. – 224 с.

APPROACH TO GLOBAL OPTIMUM SEARCH IN DETERMINATION PROBLEM OF RATIONAL AMMUNITION ALLOWANCE OF AIR DEFENSE MISSILE TROOPS GROUPING OF MIXED TYPE FOR DIFFERENT STRIKE VARIANTS AGAINST AERIAL ENEMY TARGETS

S.L. Starchak, V.V. Khrumshin

In order to determine the composition and characteristics of different-type ammunition allowance of air defense missile grouping of mixed type, optimal for different strikes delivering conditions against enemy aerial targets, an approach was suggested providing the boundaries determination and minimum power of solution space area of task, reliably containing the global optimum. The main idea concludes in maximum contraction of groupings variant-richness initial set, prior not having clear boundaries, up to subset of variants, optimal for corresponding private scenarios with subsequent recovery and systematization of subset in such way that fitness function behavior of variants subset will be approximated by the concave surface. In this case the locally optimal groupings variants are the reference points of optimum surroundings, relatively to which the subset is recovered and structured. This subset will have the minimum requirement power for assured localization and finding of the system optimum.

Поступила 6 декабря 2016 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 621.396.967

РЕГИСТРАЦИЯ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Авторы, 2017

С.О. Грачев

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

С.С. Троицкий

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

E-mail: info@raspletin.com

Рассматриваются вопросы регистрации и обработки информации в ходе проверки функционирования многофункционального радиолокатора.

Ключевые слова: МФР, регистрация и обработка информации, проверка функционирования, программный комплекс.

Questions of information logging and processing are considered during multifunctional radar functioning check.

Keywords: multifunctional radar, information logging and processing, functional check, software package.

Для оперативной проверки функционирования программно-алгоритмического обеспечения и работы устройств МФР, и оценки характеристик МФР разработан программный комплекс регистрации и обработки информации.

Программный комплекс включает в себя программы регистрации, конвертации зарегистрированной информации, обработки и отображения зарегистрированной информации и программное обеспечение общего назначения.

Описано назначение всех частей программного комплекса. Проведено разделение на основные информационные группы и оценка объема регистрируемой информации.

Показано типовое применение программного комплекса для проверки функционирования программно-алгоритмического обеспечения и работы устройств МФР.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Леонов А.И., Леонов С.А. и др.** Испытания РЛС. Оценка характеристик. – М.: «Радио и связь», 1990.
2. **Борри Х.** *Firebird*: руководство разработчика баз данных: пер. с англ. – СПб.: «БХВ–Петербург», 2006.
3. **Дунаев В.В.** Базы данных. Язык SQL. – СПб.: «БХВ–Петербург», 2006.
4. **Стивенс У.Р., Феннер Б., Рудофф Э.М.** UNIX. Разработка сетевых приложений: 3-е изд. – СПб.: «Питер», 2007.

REGISTRATION AND INFORMATION PROCESSING FOR MULTIFUNCTION RADAR FUNCTIONING RESULTS ANALYSIS

S.O. Grachev, S.S. Troitskiy

The information logging and processing software package was developed for on-line software-algorithmic functioning check, for multifunctional radar (MFR) blocks operation and MFR performance evaluation.

The software package includes logger, conversion program of logged information, logged information processing and displaying programs and general-purpose software.

The purpose of all software package parts is described. The package was divided into main information groups and the volume of logged information was estimated.

The typical application of the software package was performed to check the software-algorithmic functioning and MFR components operation.

Поступила 18 января 2017 года.

МНОГОПороГОВАЯ ОБРАБОТКА ПАЧКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

© Автор, 2017

О.В. Денисенко

инженер 2 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: olegdenisenko2015@mail.ru

Рассмотрен способ уменьшения потерь в обнаружении полезного сигнала при использовании алгоритма подавления несинхронной импульсной помехи в РЛС с однозначной дальностью.

Ключевые слова: многопороговая обработка, несинхронная импульсная помеха, радиолокационный сигнал.

The loss reduction method in friendly signal detection using nonsynchronous impulse noise suppression algorithm in radar with a single-valued range was examined.

Keywords: multithreshold processing, nonsynchronous impulse noise, radar signal.

Пороговая обработка смеси полезного сигнала с шумом не обеспечивает качественное обнаружение цели с приемлемой вероятностью «ложных тревог». Решение этой задачи достигается обработкой пачки радиолокационных сигналов. Эффективным способом является некогерентное накопление пачки радиолокационных сигналов.

Применение такого способа обработки пачки сигналов ограничено воздействием несинхронной импульсной помехи (НИП). Для подавления НИП в приёмниках используют известный алгоритм обработки принятых сигналов по критерию «К из М» [1].

Критерийная обработка применяется после пороговой обработки и использует отличие частоты повторения сигналов НИП от частоты повторения зондирующих сигналов РЛС при обработке пачки принятых сигналов. Для подчёркивания этого отличия и тем самым облегчения решения задачи подавления НИП используют возбуждение периода повторения зондирующих сигналов. Возбуждение затрудняет постановку искусственных НИП, т.к. закон изменения периода повторения в РЛС может быть случайным. Применение критерийной обработки в сочетании с возбуждением остаётся актуальным до настоящего времени.

Однако в сравнении с некогерентным накоплением критерийная обработка вносит дополнительные потери в обнаружении полезных сигналов [2].

Существенно улучшить обнаружение цели, сохранив особенность обнаружения НИП, позволяет критерийная обработка превышений нескольких порогов «К из М». Значения порогов, их количество и критерий обнаружения К определяются статистическим моделированием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теоретические основы радиолокации / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Изд-во «Советское радио», 1970.

MULTITHRESHOLD RADAR SIGNAL BURST PROCESSING

O.V. Denisenko

The mixture thresholding of friendly signal with noise doesn't provide high-quality target detection with acceptable probability of «false alarms». This problem solution can be achieved through radar signals burst processing. The effective method is a noncoherent accumulation of radar signal burst.

The application of signal burst processing method is limited by influence of nonsynchronous impulse noise (NIN). For NIN suppression in receivers the known processing algorithm of received signals as for criteria «K from M» [1] is used.

The criterial processing is applied after threshold processing and uses the NIN repetition rate difference from the radar sounding signals repetition rate during processing of received signal burst. To underline this difference and thus to ease the problem solution of NIN suppression the wobulation of sounding signals repetition period is used. The wobulation complicates NIN jamming as the repetition period variation law in the radar can be random. The criterial processing application issue coupled with the wobulation remains relevant up to date.

However, compared with the noncoherent accumulation the criterial processing introduces the additional losses in detection of friendly signals [2].

The criterial processing of several «K from M» thresholds crossing permits to substantively improve the target detection, maintaining the NIN detection particularity. The threshold values, its amount and K detection criteria are obtained through statistical modelling.

Поступила 10 февраля 2017 года.

УДК 623.76

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

© Авторы, 2017

С.Б. Добровольский кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

О.В. Ижэндеев

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

О.А. Соколов

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

А.А. Федотов

инженер 1 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Представлены результаты разработки малогабаритного передающего устройства с выходной импульсной мощностью 15-25 кВт, работающего в двухсантиметровом диапазоне частот.

Ключевые слова: СВЧ-передатчик, 2-см диапазон, разработка, исследование, современные полупроводниковые радиокомпоненты, миниатюризация.

The development results of small-size transmission unit, with 15-25 kW output pulse power and operating in 2-cm frequency bandwidth are performed.

Keywords: UHF-transmitter, 2-cm wavelength, development, research, up-to-date solid state radio components, miniaturization.

В статье «Разработка и исследование малогабаритного передающего устройства» предоставлены результаты разработки малогабаритного передающего устройства, работающего в двухсантиметровом диапазоне частот с выходной импульсной мощностью 15-25 кВт.

В процессе модернизации РЛС возникла задача уменьшения веса и габаритных размеров передатчика с целью его размещения вблизи ФАР или на её обратной стороне. Данная задача может быть решена с помощью применения современных полупроводниковых компонентов. Разработанное передающее устройство выполняет поставленную задачу. В статье приведены основные параметры передающего устройства и для чего оно предназначено. Также приведены основные направления решения поставленной задачи.

Для увеличения надёжности и ремонтопригодности передающее устройство имеет модульную конструкцию, приведена структурная схема передающего устройства и краткое описание основных узлов передающего устройства.

По сравнению с используемым аналогом разработанное передающее устройство имеет вес в 3 раза меньше (98 кг) и объём в 6 раз меньше (600 дм³). При этом оно обеспечивает параметры не хуже аналога и может быть перспективным длительное время.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Казанцев В.И., Полищук А.Г.** Источники питания с резонансными инверторами для выходных каскадов радиопередающих устройств // Межвузовский сборник научных трудов «Синтез, передача и приём сигналов управления и связи». – Воронеж, ВГУ, 1997.
2. **Монин С.В., Млинник А.Ю., Казанцев В.И.** Сеточный твердотельный модулятор с широким диапазоном изменения параметров модулирующих импульсов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2003, №1. – С.106–115.
3. **Казанцев В.И.** Практика разработки современных радиопередающих систем для мощных импульсных РЛС СВЧ- и КВЧ-диапазонов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009, №2. – С.130–144.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SMALL-SIZE TRANSMISSION UNIT

S.B. Dobrovolskiy, O.V. Izhendeev, O.A. Sokolov, A.A. Fedotov

The article states the development results of small-size transmission unit operating in 2-cm frequency bandwidth with 15-25 kW output pulse power.

During the radar updating process an objective to reduce the transmitter weight and overall dimensions emerged in order to install it nearby the phased antenna array (PAA) or at the backside. This task can be resolved using the up-to-date solid-state elements. The developed transmitter satisfies the given objective. The article performs the transmitter main parameters and its purpose. The main directions of the problem solving are given as well.

To increase reliability and maintainability the transmitter has a modular structure; the transmitter schematic block diagram and brief description of main components are performed.

Comparing with the analog the developed transmitter has a three times lower mass (98 kg) and a six times less dimensions (600 cubic dm). Herewith, it performs at least analog parameters and can be a advanced one for a long time.

Поступила 18 января 2017 года.

УДК 62-503.55

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЯ ВЫХОДНОГО УСИЛИТЕЛЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Авторы, 2017

С.В. Заболотная

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

E-mail: info@raspletin.com

Е.В. Емельянов

зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.Ю. Цыцарев кандидат технических наук,

зам. начальника СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.Н. Албутов

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

В статье представлена новая система автоматизированного управления, защиты и контроля выходного усилителя передающего устройства многофункционального радиолокатора. Приведены функциональные схемы системы автоматизированного управления в целом, а также блока управления и контроля. Описаны преимущества новой системы.

Ключевые слова: система автоматизированного управления, выходной усилитель передающего устройства, быстродействие.

The article states a new automatic control, monitoring and protection system (ACPS) of multifunctional radar (MFR) transmitter output amplifier. The ACPS functional block diagrams are performed, and monitoring and control block as well. The new system advantages are described.

Keywords: automatic control system, transmitter output amplifier, quick response.

В передающих устройствах современных многофункциональных радиолокаторов (МФР) в качестве выходного усилителя применяется мощный пролётный многолучевой клистрон. Выходная мощность клистрона задаёт энергетику зондирующего сигнала и влияет на дальность действия МФР. Надёжная работа клистрона влияет на работоспособность и эффективность МФР в целом.

Надёжная работа клистрона обеспечивается системой автоматизированного управления, защиты и контроля выходного усилителя (САУ). Параметры САУ существенно влияют на срок службы клистрона и его электрические характеристики, поэтому данная работа является актуальной для современной радиолокационной техники.

Традиционно САУ для передающих устройств строились по схеме с применением электромагнитных реле, а также дискретных элементов жёсткой цифровой логики, что ограничивало быстродействие срабатывания защит, и их надёжность. Такая система усложняет аппаратуру, увеличивает погрешность измерений, затрудняет поиск неисправностей и занимает объем нескольких стандартных блоков.

В статье представлена принципиально новая схема автоматизированного управления, защиты и контроля выходного усилителя передающего устройства МФР с применением современной элементной базы (ПЛИС, микроконтроллеры, ЦАП и т.д.), обеспечивающая взаимодействие всех блоков и систем передающего устройства, а также защиту выходного усилителя от дестабилизирующих факторов и контроль основных параметров с выводом служебной информации на электролюминесцентный дисплей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумная СВЧ-электроника: Сборник обзоров. – Нижний Новгород: Институт прикладной физики РАН, 2002. – С.54–60.
2. **Емельянов Е.В., Акимов А.А.** Управление, контроль параметров и схемы защиты передающего устройства с мощными электровакуумными устройствами // Первая Всероссийская научно-техническая конференция «Расплетинские чтения» // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ОАО ГСКБ «Алмаз-Антей», Выпуск №1(5), 2015. – С.65–68.
3. **Вамберский М.В., Казанцев В.И., Шелухин С.А.** Передающие устройства СВЧ / под ред. Вамберского М.В.. – М.: Высшая школа, 1984. – С.173–182.

4. **Албутов А.Н.** Применение нереверсивной схемы в системе термостабилизации передающего устройства многофункционального радиолокатора // Журнал «Успехи современной радиоэлектроники». – М.: Изд-во Радиотехника, 2015, №3. – С.8–10.

AUTOMATIC CONTROL, MONITORING AND PROTECTION SYSTEM OF MULTIFUNCTIONAL RADAR TRANSMITTER OUTPUT AMPLIFIER

S.V. Zabolotnaya, E.V. Emelianov, A.U. Tsytsarev, A.N. Albutov

In transmitters of modern multifunctional radars (MFR) the powerful multiple-beam klystron is used as an output amplifier. The output klystron power sets the sounding signal energetics and affects the MFR range. The klystron reliable operation effects on the MFR performance ability and effectiveness.

The reliable klystron operation is provided by the automatic control, monitoring and protection system (ACPS). The ACS parameters are significantly effect on klystron lifetime and its electrical specifications; therefore this work is a relevant for the up-to-date radar engineering. Conventionally, the ACSs for transmitters have been developed according to electromagnetic relay scheme and discrete elements of hard digital logic as well that limited the protection relays response time and its reliability. Such system complicates the equipment set, increases the measurement errors, troubles the trouble-shooting and has a dimensions of several standard blocks. The article performs a brand new automated control, monitoring and protection system scheme of MFR transmitter output amplifier using the up-to-date hardware components (FPLD, microcontrollers, DAP etc.), providing interacting of all transmitter blocks and systems and protection of output amplifier as well from destabilizing factors and main parameters checkout with operation information readout at electroluminescent display.

Поступила 14 февраля 2017 года.

УДК 623.76

СПОСОБ ОЦЕНКИ ФЛУКТУАЦИОННЫХ ОШИБОК СГЛАЖЕННЫХ КООРДИНАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ $\alpha\beta$ -ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛЕЙ

© Автор, 2017

А.В. Нескородов

инженер 1 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Предлагается способ оценки флуктуационных ошибок сглаженных координат при использовании $\alpha\beta$ -фильтров для сопровождения целей.

Ключевые слова: МФР, сопровождение цели, $\alpha\beta$ -фильтры, точность сопровождения, флуктуационные ошибки сопровождения.

The fluctuating errors estimating method of smoothed coordinates using an $\alpha\beta$ -filters for targets tracking is proposed.

Keywords: multifunctional radar (MFR), target tracking, $\alpha\beta$ -filters, tracking accuracy, fluctuating tracking errors.

Предложен способ оценки флуктуационных ошибок сглаженных координат при использовании $\alpha\beta$ -фильтров для сопровождения целей. Разработан алгоритм оценки флуктуационных ошибок сглаженных координат.

С помощью математической модели сопровождения целей в многофункциональном радиолокаторе оценены характеристики разработанного алгоритма. Показано, что оценки СКО флуктуационных ошибок сопровождения, полученные с помощью разработанного алгоритма, близки к эталонным ошибкам сопровождения, полученным путём статистического моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биченко И.Г., Волков В.Н., Доброжанский В.А. Алгоритмы адаптивной фильтрации координат при сопровождении целей в многофункциональном радиолокаторе с секторным и круговым режимами работы // Сборник докладов «Вторая научно-техническая конференция молодых учёных и специалистов». – М.: Радиотехника, 2012.
2. Кузьмин С.З. Цифровая обработка радиолокационной информации. – М.: Советское радио, 1967.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – Наука, Физматгиз, 1969.
4. Худсон Д. Статистика для физиков. – Мир, 1970.
5. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. – Наука, 1973.

FLUCTUATING ERRORS ESTIMATING METHOD OF SMOOTHED COORDINATES USING $\alpha\beta$ -FILTERS FOR TARGETS TRACKING

A.V. Neskorodov

The fluctuating errors estimating method of smoothed coordinates using an $\alpha\beta$ -filters for targets tracking is proposed. A smoothed coordinates fluctuating errors estimating algorithm is designed.

Using the mathematical targets tracking model in multifunctional radar the designed algorithm characteristics were estimated. It's shown that RMS fluctuating tracking errors estimations obtained via designed algorithm are close to benchmark tracking errors obtained through statistical modeling.

Поступила 18 января 2017 года.

УДК 621.396.677.494:621.372.852.22

ФЕРРИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФАЗОВРАЩАТЕЛЕЙ ФАР: СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО В «КБ-1»

© Авторы, 2017

Д.В. Черников кандидат технических наук,
главный конструктор по направлению, зам. начальника цеха, АО «Конструкторское бюро-1», г. Москва
E-mail: d.chernikin@oaokb1.ru

Н.М. Плетнева
начальник цеха, АО «Конструкторское бюро-1», г. Москва
E-mail: n.pletneva@oaokb1.ru

А.В. Новиков

АО «Конструкторское бюро-1», г. Москва

В настоящее время на ферритовом производстве «КБ-1» созданы все предпосылки для перехода от этапа изготовления ферритовых деталей к серийной сборке и настройке комплектов фазовращателей. Это направление развития является наиболее перспективным, поскольку ставит предприятие в один ряд с лидерами отечественного рынка в области производства ферритовых фазовращателей для бортовых и наземных мобильных ФАР, работающих с волнами различной поляризации.

Ключевые слова: СВЧ-ферриты, ферритовые фазовращатели, фазированная антенная решётка.

At present, all preconditions for the transition from the stage of manufacturing of ferrite parts to the serial assembly and adjustment of sets of phase shifters are created on the ferrite production of «KB-1». This direction of development is the most promising because it puts the company on a par with the leaders of the domestic market in the production of ferrite phase shifters for on-board and ground-based mobile Passive Phase Arrays, operating with waves of different polarization.

Keywords: microwave ferrite, ferrite phase shifters, passive phase array.

Основой ферритового производства в АО «Конструкторское бюро-1» явился «ферритовый отдел», организованный в ЦКБ «Алмаз» в середине 60-х годов прошлого века. Проведенные за десятилетия работы исследования, накопленный практический опыт, а также поддерживаемый высокий уровень технологии производства ферритовых материалов позволяет сегодня разработчикам получать фазовращатели в различных частотных диапазонах с необходимыми техническими параметрами при различных условиях эксплуатации ФАР. Имеющиеся производственные мощности в «КБ-1» уже сейчас обеспечивают серийное производство НЧ и СВЧ ферритовых комплектующих для ряда предприятий-изготовителей фазовращателей. В настоящее время на ферритовом производстве «КБ-1» созданы все предпосылки для перехода от этапа изготовления ферритовых деталей к серийной сборке и настройке комплектов фазовращателей. Это направление развития является наиболее перспективным, поскольку ставит предприятие в один ряд с лидерами отечественного рынка в области производства ферритовых фазовращателей для бортовых и наземных мобильных ФАР, работающих с волнами различной поляризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ферриты. Каталог материалов и изделий. – Москва, АО «КБ-1», 2015.
2. Секистов А.Н., Семенов А.А., Туманская А.Е., Чернявский Ю.Э. Антенный элемент проходной ФАР с излучателями невыступающего типа // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2015, №2(6). – С.46–53.
3. Черников Д.В., Новиков А.В. Результаты экспериментальных исследований магнитной проницаемости ферритов-шпинелей с предельной намагнитченностью насыщения при создании фазовращателей // Журнал Электричество. – 2015, №8. – С.38–44.
4. Ашурбейли Р.И., Новиков А.В. Феррит марки 1СЧ-170 // Патент на изобретение №2543223 от 26.11.2014.
5. Ашурбейли Р.И., Новиков А.В. Феррит марки 1СЧ-340 // Патент на изобретение №2543973 от 26.11.2014.
6. Ашурбейли Р.И., Новиков А.В. Феррит марки 1СЧ-380 // Патент на изобретение №2540971 от 26.11.2014.
7. Афанасьев Ю.Н., Кашин В.А., Новиков А.В. Феррит ЛИ-89 // Патент на изобретение №2339105 от 24.11.2006.
8. Микаэлян А.Л. Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах. – Л.: Госэнергоиздат, 1963.

FERRITE MATERIALS FOR PHASE SHIFTERS PASSIVE PHASE ARRAYS: STATE OF THE TECHNOLOGY AND SERIAL PRODUCTION IN «KB-1»

D.V. Chernikin, N.M. Pletneva, A.V. Novikov

The basis of ferrite production at Joint-Stock Company «KB-1» appeared to be «ferrite department», organized in CKB «Almaz» in the mid-1960s. The decades of research work, the accumulated practical experience, as well as the supported high level of technology for the production of ferrite materials, allows developers today to produce phase shifters in different frequency ranges with necessary technical parameters under different operating conditions of Passive Phase Arrays. The available «KB-1» production facilities at present provide the serial production of low-frequency and microwave ferrite components for a number of manufacturers of phase shifters. Nowadays, all preconditions for the transition from the stage of manufacturing of ferrite parts to the serial assembly and adjustment of phase shifters sets are created at «KB-1» ferrite production line. This development direction is the most promising one because it puts the company on a par with domestic market leaders in ferrite phase shifters production area for on-board and ground-based mobile Passive Phase Arrays, operating with waves of different polarization.

Поступила 20 января 2017 года.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ С НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ ФАЗОВЫХ КООРДИНАТ

© Авторы, 2017

А.В. Чернов

техник 1 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: av_chernov@rambler.ru

А.В. Семенов кандидат технических наук,

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

E-mail: semenov-av@rambler.ru

Представлен метод разработки математических моделей динамических следящих систем в пространстве состояний с нелинейностями фазовых координат, использующий в качестве математического описания систему дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши. Такое описание позволяет учесть нелинейности фазовых координат, в частности, ограничения переменных состояний типа «насыщение», «мёртвая зона» и др. Динамика системы задаётся системной функцией – желаемой передаточной функцией, коэффициенты которой определяют коэффициенты системы дифференциальных уравнений. Подход может применяться на ранних стадиях проектирования для оценки работоспособности (устойчивости) и показателей качества динамических систем с учетом ограничений переменных состояния. В качестве примера представлены результаты моделирования в среде Matlab/Simulink астатической следящей системы с ограничениями на максимальное/минимальное значение по скорости и на максимальное значение ускорения. Проведена оценка влияния нелинейностей на показатели качества следящей системы.

Ключевые слова: следящие системы, пространство состояний, переменные состояния, желаемая передаточная функция, нормальная форма Коши.

The design method of dynamic follow-up systems mathematical models in state space with phase coordinates nonlinearity is performed using the differential equation system in normal Cauchy form as mathematical description. Such description permits to consider phase coordinates nonlinearity, particularly state variables constraints of «saturation», «dead zone» types etc. The system dynamics is given by the system function – intended transfer function, coefficients of which determine the system coefficients of differential equations. An approach can be applied at different designing stages for estimation of performance (robustness) and dynamic systems quality index with regard to state variables constraints. The modeling results in Matlab/Simulink of astatic follow-up system with constraints on maximum/minimum value according to velocity and on maximum acceleration value were performed as an example. The nonlinearity impact assessment on quality index of follow-up system was carried out.

Keywords: follow-up systems, state space, state variables, intended transfer function, normal Cauchy form.

Перед изготовлением динамических систем и их составных частей актуальной является задача оценки технических решений, принятых на этапе проектирования. Оценка работоспособности и показателей качества систем в большинстве случаев проводят методами математического моделирования. В режиме малых отклонений совокупность объекта управления, регулирующих органов, исполнительных механизмов описывается с требуемой точностью линейными уравнениями, которые лежат в основе большинства методов синтеза динамических систем. Математические модели в классе линейных систем не позволяют оценивать влияние конструктивных ограничений, присущих реальным системам. Учёт ограничений переводит систему в класс нелинейных. В литературе изложен подход к анализу нелинейных следящих систем, состоящий из двух этапов. Первый этап – синтез динамических систем в классе линейных. Второй этап – внесение нелинейностей в модель объекта управления динамических систем с проведением моделирования. На первом этапе могут использоваться различные методы синтеза, одним из которых, является метод синтеза линейных динамических систем по заданным показателям качества. Он состоит из двух подэтапов. Первый подэтап – выбор желаемой передаточной функции системы, удовлетворяющей поставленным требованиям к качеству управления, которая описывает динамику системы в целом. Второй подэтап – синтез устройства управления из условия равенства желаемой и реальной передаточных функций замкнутой системы с учетом уравнений заданного объекта управления. Но на ранних стадиях проектирования структура и большинство параметров объекта управления часто неизвестны. Поэтому использовать такой подход затруднительно.

В работе предлагается метод разработки математических моделей динамических систем с учетом ограничений переменных состояния, использующий в качестве математического описания систему дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши. Динамика системы задается системной функцией – желаемой передаточной функцией, коэффициенты которой определяют коэффициенты системы дифференциальных уравнений. В качестве примера рассмотрена астатическая следящая система с учетом таких ограничений, как «насыщение» по скорости и ускорению и «мертвая зона» по скорости. Приведены результаты моделирования с учетом нелинейностей переменных состояния. Проведена оценка влияния величины ограничения на показатели качества.

Наличие нелинейностей переменных состояния привносит в работу системы значительные изменения, обычно приводящие к ухудшению показателей качества системы. Уменьшить негативное влияние нелинейностей можно путем изменения требований к ограничениям системы, например, изменяя технические характеристики исполнительного механизма. Так же может помочь построение семейства характеристик, описывающих зависимость показателей качества системы от значений ограничений. Анализ семейства позволит разработчику выбрать допустимые значения ограничений и параметров исполнительного механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 3-х т. Т.1: Синтез регуляторов систем автоматического управления / под ред. Н.Д. Егулова. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.
2. **Гайдук А.Р.** Теория автоматического управления: учебник – М.: Высшая школа, 2010. – 415 с.
3. **Юревич Е.И.** Теория автоматического управления. – М.: «Энергия», 1969. – 375 с.
4. **Гайдук А.Р.** Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход). – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 360 с.
5. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 3-х т. Т.3: Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления / под ред. Н.Д. Егулова. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.
6. **Чернов А.В., Галкина Т.В., Семенов А.В.** Математическая модель динамических систем с учетом ограничений переменных состояния // Сборник докладов Седьмой научно-технической конференции молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы развития систем и средств воздушно-космической обороны» / под. общей ред. канд. техн. наук Н.Э. Ненартовича. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. – С.558–568.

DYNAMIC FOLLOW-UP SYSTEMS MATHEMATICAL MODELS IN STATE SPACE WITH NONLINEARITY OF PHASE COORDINATES

A.V. Chernov, A.V. Semenov

Before producing of dynamic systems and its component parts the relevant task is to estimate technical decisions took at designing stage. The performance and quality index evaluation of systems in most cases is performed through mathematical modeling methods. In small departures modes the aggregation of control object, regulatory bodies, actuating mechanisms is described with required accuracy by linear equations which form the basis of the most dynamic models synthesis methods. The mathematical models in linear systems class do not permit to estimate the effect of structural constraints inherent to the real systems. The constraints satisfaction shifts the system to nonlinear class. The references state an approach to nonlinear follow-up systems analysis consisting of two phases. The first phase – dynamic systems synthesis in linear class. The second phase – nonlinearity introducing to control object model of dynamic systems with modeling performing. At first phase the different synthesis methods can be used of which is the linear dynamic systems synthesis method on preset quality index. It consists of two substeps. The first substep – the selection of intended transfer function of the system, satisfying assigned requirements to control quality, which describes the system dynamics as a whole. The second substep – the controller synthesis from equality condition of intended and real transfer functions of close-loop system with consideration of preset control object equations. However, at early designing stages the structure and the most of control object parameters are frequently unknown. Hence, the use of such approach is complicated.

The article proposes the mathematical models design method of dynamic models with respect to state variables constraints using the differential equation system in normal Cauchy form as mathematical description. The system dynamics is given by the system function – intended transfer function, coefficients of which determine the system coefficients of differential equations. The astatic follow-up system with regard to constraints, such as «saturation» in velocity and acceleration, and «dead zone» in velocity. The modeling results due to nonlinearity state variables were performed. The constraint impact assessment on quality index was carried out.

The presence of nonlinearity state variables introduces considerable changes in the system operation, usually resulting in worsening the system quality index. To reduce the nonlinearity negative influence is possible by requirements change to the system constraints, e.g. by changing technical characteristics of actuating mechanism. Likewise the build-up of characteristics family can be helpful, describing the system quality index dependence from constraints values. The family analysis permits the design engineer to select allowable values of constraints parameters of actuating mechanism.

Поступила 16 марта 2017 года.

БЫСТРЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПО ФОКАЛЬНОМУ ПЯТНУ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ АБЕРРАЦИЙ ЗАДАННОГО ПОРЯДКА

© Авторы, 2017

Д.А. Ягнятинский

научный сотрудник, ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск, Московская обл.

E-mail: day@luch.podolsk.ru

Д.М. Ляхов кандидат технических наук,

ведущий научный сотрудник, ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск, Московская обл.

А.Н. Боршевников

ведущий инженер-программист, ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск, Московская обл.

В.Н. Федосеев кандидат технических наук,

директор отделения, ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск, Московская обл.

Для коррекции волнового фронта с помощью деформируемого зеркала (ДЗ) предложен алгоритм, в котором происходит возмущение исходной поверхности зеркала (и волнового фронта) специальными базисными компонентами. Алгоритм основан на параболической зависимости квадрата эффективного радиуса фокального пятна от коэффициента пробного возмущения для каждой из базисных абберрационных компонент. Математические свойства используемой базисной системы абберраций позволяют проводить модальное управление. Моделирование работы алгоритма проводится с использованием реальных функций влияния приводов ДЗ.

Ключевые слова: волновой фронт, алгоритм управления, деформируемое зеркало, радиус фокального пятна, абберрации, модальное управление, функции влияния приводов.

An algorithm for the wavefront correction via deformable mirror (DM) in which the mirror (and the wavefront) initial surface is being perturbed with the special basic components is proposed. The algorithm is based on a parabolic dependence of a square of the effective focal spot radius value on the probe perturbation coefficient for each basic component. The mathematical properties of the used basic functions system let to do modal control. Algorithm work modeling has been carried out with the use of the real influence functions of the DM actuators.

Keywords: wavefront, control algorithm, deformable mirror, focal spot radius, aberrations, modal control, actuators influence functions.

В статье предложен алгоритм управления адаптивной оптической системой по фокальному пятну. Необходимость данного метода связана с теми случаями, когда датчик волнового фронта не может быть применим; в частности, такое возможно при неярком излучении от объекта.

В основе метода служит теоретически определённая параболическая зависимость квадрата радиуса фокального пятна от коэффициента пробного возмущения для каждой из базисных абберрационных компонент. Алгоритм развит в приближении геометрической оптики и изначально служит для коррекции волнового фронта излучения недифракционного качества. В отличие от алгоритмов, использующих в качестве критериального параметра пиковую интенсивность в пятне, данный подход не содержит проблемы локальных максимумов, которую в общем случае нельзя разрешить. Таким образом, решаемая задача оптимизации является моноэкстремальной. Данный, так называемый непрямой метод измерения волнового фронта по своей математической структуре не имеет ограничений в порядке измеряемых абберраций. Для алгоритма используется специальная разработанная система базисных абберраций. Она обладает тем свойством, что каждая абберрационная компонента независимо от других влияет на радиус фокального пятна, что даёт возможность осуществлять модальную коррекцию волнового фронта.

В статье приведено расчётно-экспериментальное моделирование коррекции волнового фронта деформируемым зеркалом с учётом реальных функций влияния приводов зеркала. На примере приведены коэффициенты разложения волнового фронта до и после коррекции. Даны графики волнового фронта до и после коррекции, а также соответствующие им точечные диаграммы лучей (представления фокальных пятен в геометрической оптике).

Таким образом, разработан алгоритм управления адаптивной оптической системой по фокальному пятну, в котором используются перечисленные теоретические закономерности. Данные проведённого моделирования свидетельствуют о возможности практической реализации алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. – М.: Наука, 1985. – 336 с.
2. Robert K. Tyson. *Principles of Adaptive Optics Third edition* // CRC Press, 2011.
3. Кузнецова Т.И. О фазовой проблеме в оптике. – УФН, 1988, Т.154, Вып.4. – С.677–690.
4. Воронцов М.А., Корябин А.В., Шмальгаузен В.И. Управляемые оптические системы. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
5. Александров А.А., Кудряшов А.В., Рукусуев А.Л., Черезова Т.Ю., Шелдакова Ю.В. Адаптивная оптическая система управления лазерным излучением // Оптический журнал. – 2007, Т.74, №8. – С.50–55.
6. Lundh Olle. *Control of Laser Focusing using a Deformable Mirror and a Genetic Algorithm* // *Lund Reports on Atomic Physics*. 2003.
7. Малафеева И.В., Чесноков С.С. «Симплексный поиск оптимальной фазы при адаптивной фокусировке световых пучков в нелинейной и турбулентной среде» // Тезисы докладов VII Международной конференции «Оптика лазеров». – Санкт-Петербург, 1993. – С.414.
8. Chesnokov S.S., Davletshina I.V. «Adaptive compensation of Light Beam Distortions by means of Simplex Method». – Proc. SPIE, 1994, Vol.2312. – P.627–654.
9. Ягнятинский Д.А., Ляхов Д.М., Боршевников А.Н., Федосеев В.Н. Алгоритм управления адаптивной оптической системой на основе минимизации радиуса фокального пятна // Оптика атмосферы и океана. – 2016, Т.29, №11. С.949–953.
10. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. – Киев: Изд-во «Наукова Думка», 1972. – 508 с.
11. Малашко Я.И., Хабибулин В.М. Критерии для допустимых величин плавных aberrаций для лазерных пучков не-дифракционного качества // Квантовая электроника. – 2014, Вып.44, №4. – С.376–382.
12. Черных А.В., Шанин О.И., Щипалкин В.И. Анализ структуры статической ошибки адаптивного зеркала // Автометрия. – 2012, Вып.48, №2. – С.38–43.
13. Ляхов Д.М. Оптимальное размещение приводов для квадратных зеркал со свободными краями // Автометрия. – 2016, Вып.52, №1. – С.70–78.
14. Родионов С.А. Основы оптики. Конспект лекций. – СПб.: ИТМО, 2000. – 167 с.

FAST FOCAL SPOT-BASED CONTROL ALGORITHM FOR THE ADAPTIVE OPTICS SYSTEM TO CORRECT ABERRATIONS OF A PREDETERMINED ORDER

D.A. Yagnyatinskiy, D.M. Lyakhov, A.N. Borshevnikov, V.N. Fedoseyev

In the article the focal spot-based control algorithm for the adaptive optics system is proposed. The relevance of this method is connected with situations when the wavefront sensor cannot be used; particularly it takes place during the work with the faint objects of radiation.

The method is based on a theoretically specified parabolic dependence of a square of the focal spot radius value on trial perturbation coefficient for each basic aberration component. The algorithm has been developed in a geometrical optics approximation and initially serves to correct wavefront of non-diffractive light beams. Unlike the algorithms that use the focal spot peak irradiance value as a criteria parameter, this method doesn't suffer from the local maximum problem, which cannot be solved in general case. Thereby, the optimization solving problem is a mono extremum.

The algorithm implements so-called indirect wavefront sensing technique and formally has no limits in a predetermined order of aberrations to be detected and corrected due to used mathematical principles. Practical limitations foremost are caused by the incompleteness of the actuators influence functions system of the deformable mirror. The special developed basic aberration system is taken for the algorithm. It has a property that each aberration component independently from the others affects the focal spot radius value, which lets to carry out the modal wavefront correction.

For the article the computational-experimental modeling results of the wavefront correction by deformable mirror with respect to real actuators influence functions have been performed. The wavefront expansion coefficients, the wavefront graphs and the corresponding ray spot diagrams before and after correction have been presented as an example.

Therefore, the control algorithm for the adaptive optics system by the focal spot, in which the mentioned theoretical regularities are used, has been developed. The computational-experimental modeling results show the possibility of implementation of the algorithm in practice.

Поступила 26 января 2017 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 519.876.5

УПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕНЕМ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЛС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ HLA

© Авторы, 2017

А.О. Зубцов

техник 2 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

И.А. Селянова кандидат технических наук,

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

E-mail: info@raspletin.com

Рассмотрена распределённая система имитационного моделирования многофункциональной РЛС. Перечислены основные преимущества распределённой системы моделирования. Проведён анализ способов упорядочивания сообщений для разрабатываемых федератов и разработан алгоритм их синхронизации.

Ключевые слова: распределённая система моделирования, архитектура высокого уровня (HLA), инфраструктура времени выполнения (RTI), федерат, федерация, способ упорядочивания сообщений, регулирующие время федераты, сдерживаемые по времени федераты.

The distributed simulation modeling system of a multifunctional radar station is considered. The main advantages of distributed modeling system are listed. An analysis of messages arrangement methods for developing federates was performed and an algorithm for its synchronization was developed.

Keywords: distributed modeling system, high-level architecture – HLA, runtime infrastructure – RTI, federate, federation, messages arrangement method, time-regulating federates, time-constrained federates.

В данной статье представлена организация распределенной имитационной системы моделирования. Перечислены основные задачи, решаемые ей. Раскрыто назначение архитектуры высокого уровня – HLA и инфраструктуры времени выполнения – RTI, используемые при организации распределенного моделирования. Проведено сравнение между четырьмя способами упорядочивания сообщений, которыми обмениваются между собой имитационные модели – федераты. Из этих способов был выбран наиболее подходящий для упорядочивания по временным меткам. Представлена реализация системы распределенного моделирования, состоящей из федератов «Налёт», «Модель Физического Пространства» и «Радиолокационная станция» с реализацией алгоритма синхронизации федератов между собой, при условии, что каждый федерат является регулирующим время и сдерживаемым по времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Таненбаум Э.** Распределенные системы: принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
2. **Gerard Tel.** Introduction to Distributed Algorithms. Cambridge University Press, 1994. – 534 p.
3. **Richard M. Fujimoto.** Distributed Simulation Systems. In Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference S. Chick, P.J. Sánchez, D. Ferrin, and D.J. Morrice, eds.

4. *Richard M. Fujimoto, Richard M. Weatherly. HLA Time Management and DIS. – URL: www.citeseer.ist.psu.edu/fujimoto95hla.html.*
5. *IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)–Federate Interface Specification, IEEE Std 1516.1–200.*

TIME MANAGEMENT IN DISTRIBUTED SIMULATION MODELING SYSTEM OF MULTIFUNCTIONAL RADAR STATION USING HLA TECHNOLOGY

A.O. Zubtsov, I.A. Selyanova

This article presents the arrangement of distributed simulation modeling system. The main performing tasks are listed. The purpose of high-level architecture – HLA and the runtime infrastructure – RTI, used in distributed modeling arrangement were performed. A comparison was made between four methods for arrangement of messages which are exchanged between simulation models – federates. The most appropriate method for ordering by timestamps was chosen. The implementation of a distributed modeling system consisting of the «Raid», the «Model of Physical Space» and the «Radar Station» federates with synchronization algorithm implementation of federates between each other is provided, subject to condition that each federate is time regulating and time-constrained.

Поступила 25 апреля 2017 года.

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВМЕСТИМОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ВСТРАИВАЕМЫХ УСТРОЙСТВ НА РАННИХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© Автор, 2017

С.В. Кирюхин

начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

В данной статье рассматриваются вопросы совместимости в информационной области, связанные с ядром, разрядностью, библиотеками и другими приложениями, определяющими основные свойства операционной системы на платформе Linux. Предложен и формализован алгоритм, используя который можно добиться обеспечения совместимости в информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств автоматизированных систем.

Ключевые слова: *встроенные системы, программная совместимость, совместимость программ, обеспечение совместимости устройств.*

The article considers issues of compatibility in information area connected with a core, digit capacity, libraries and other applications determining the main properties of Linux operating system. An algorithm was proposed and formalized the use of which permits to provide compatibility in information area of hardware-software built-in systems of automated systems.

Keywords: *built-in systems, software compatibility, program compatibility, unit-to-unit compatibility ensuring.*

Одним из важных элементов обеспечения совместимости аппаратно-программных встраиваемых устройств на ранних этапах проектирования является совместимость в информационной области. Совместимость в информационной области, связанная с ядром, разрядностью, библиотеками и другими приложениями (библиотеками языка программирования, версией компилятора, драйверами), определяющими основные свойства операционной системы (на примере платформы Linux). Перед разработчиками программно-аппаратных систем встают порой не разрешимые вопросы обеспечения совместимости программно-аппаратных устройств, изготовленных различными разработчиками. Наиболее важными аспектами, влияющими на обеспечение совместимости в информационной области, являются: ядро, драйвер - программа, библиотеки операционной системы и разрядность операционной системы. В связи с вышесказанным встречаются некоторые конфликтные ситуации.

Таким образом, в связи с вышесказанным необходимо сделать следующие основные выводы:

- для обеспечения совместимости в информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств необходим учет многих аспектов;
- для решения проблемы обеспечения совместимости в информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств, при разработке аппаратно-программных встраиваемых систем разработчику необходимо иметь под рукой методику, которая может обеспечить научно обоснованное решение и соответственно способствовать качественному проектированию.

В интересах решения этой задачи предлагается использовать алгоритм, который положен в основу метода обеспечения совместимости в информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств автоматизированных систем на ранних этапах проектирования. Его сущность заключается в попарном и последовательном сравнении характеристик, нескольких встраиваемых устройств, с последующим проведением анализа и в конечном итоге синтеза характеристик удовлетворяющим заданным требованиям к системе.

Формализация метода обеспечения совместимости аппаратно-программных встраиваемых устройств в информационной области на ранних этапах проектирования, построена на использовании теории множеств и предикатов.

Таким образом, реализуя формализованный алгоритм метода обеспечения совместимости в информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств, мы получаем метод обеспечения совместимости в информационной области аппаратно-программных встраиваемых устройств на ранних этапах проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриневич А.И., Марковцев Д.А., Рубанов В.В. Проблемы совместимости *Linux*-систем // Труды Института системного программирования РАН. – 2006, Т.10. – С.15–28.
2. Кирюхин С.В. Метод обеспечения совместимости физических интерфейсов аппаратно-программных встраиваемых устройств на ранних этапах проектирования // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, №4(12). – С.42–46.
3. Лав Р. Разработка ядра *Linux*: 2-е изд., пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 448 с.

INFORMATION AREA COMPATIBILITY ASSURING METHOD OF HARDWARE-SOFTWARE BUILT-IN SYSTEMS AT EARLY DEVELOPMENT STAGE

S.V. Kiryuhin

One of the most important elements to ensure compatibility of hardware-software built-in systems at early development stages is compatibility in information area. The compatibility in information area is connected with a core, digit capacity, libraries and other applications (software language libraries, compiler version, drivers), determining the main properties of operating system (using the example of Linux platform). The hardware-software systems designers meet sometimes unsolvable problems of ensuring the hardware-software systems compatibility designed by different design engineers. The most vital aspects effecting on compatibility ensuring in information area are: core, software-driver, operating system libraries and operating system digit capacity. The abovementioned can lead to some conflicting situations.

Therefore, due to the above-mentioned it's necessary to conclude the following:

- to ensure the compatibility in information area of hardware-software built-in systems it's necessary to consider many aspects;
- to solve the compatibility in information area problem of hardware-software built-in systems the designer needs to have at fingertips the procedure which can provide scientifically based solution and consequently contribute to qualitative engineering.

To solve this problem it's suggested to use an algorithm which is taken as a basis of compatibility ensuring method in information area of hardware-software built-in systems of automated systems at early development stages. The subject-matter concludes in pair-wise and sequential characteristics comparison of several built-in systems with further analysis and finally with characteristics synthesis satisfying specified requirements to the system.

The method formalization of compatibility ensuring of hardware-software built-in systems at early development stages is based on theory of sets and predicates.

Therefore, by implementing the formalized algorithm of compatibility ensuring method in information area of hardware-software built-in systems we can obtain the compatibility ensuring method of hardware-software built-in systems at early development stages.

Поступила 12 сентября 2016 года.

УДК 621.317

ДЕСКРИПТИВНАЯ МОДЕЛЬ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

© Авторы, 2017

А.С. Приветень

старший помощник начальника отдела, ЯВВУ, г. Ярославль

E-mail: priveten@yandex.ru

А.Ю. Пугачев

зам. начальника отдела, ЯВВУ, г. Ярославль

E-mail: nil.vko@gmail.com

О.В. Анисимов кандидат технических наук,

доцент кафедры автоматики и вычислительных средств, ЯВВУ, г. Ярославль

E-mail: qwaker@inbox.ru

В.А. Курчидис доктор технических наук,

профессор кафедры автоматики и вычислительных средств, ЯВВУ, г. Ярославль

E-mail: idahmer2@yandex.ru

Предлагается модель радиоэлектронной аппаратуры на основе онтологий, позволяющая описывать в терминах и понятиях предметной области множества фактов и свойств, необходимых обслуживающему персоналу в процессе диагностирования.

Ключевые слова: *восстановление радиоэлектронной аппаратуры, информационная поддержка, техническое диагностирование, дескриптивная модель, онтологии.*

The radio-electronic equipment model on the base of ontologies is proposed permitting to describe the assertion set and properties in terms and notions of subject area, necessary for operating personnel during the diagnosis process.

Keywords: *radio-electronic equipment recovering, informational support, technical diagnosis, descriptive model, ontologies.*

Эксплуатация современных сложных технических комплексов требует от обслуживающего персонала не только навыков по использованию изделий по назначению, но и их техническому обслуживанию и восстановлению в связи с необходимостью поддержания таких систем в работоспособном состоянии. При этом одним из основных информационных ресурсов для обслуживающего персонала является комплект эксплуатационных документов на радиоэлектронную аппаратуру.

Способы и средства извлечения разнородной технической информации при диагностировании радиоэлектронной аппаратуры, реализованные в существующих системах информационной поддержки, основаны на использовании формальных моделей устройств. При этом значительный объем информации описательного характера, содержащейся в эксплуатационных документах, оказывается не представленным в этих моделях, что является существенным ограничением возможностей существующих средств автоматизации информационной поддержки обслуживающего персонала. Одним из направлений повышения уровня автоматизации является использование в системах информационной поддержки моделей, позволяющих на основе эксплуатационных документов описывать в терминах и понятиях предметной области множества фактов и свойств, которые могут применяться обслуживающим персоналом в процессе диагностирования радиоэлектронной аппаратуры.

Создание таких моделей представляет собой актуальную научную задачу, решение которой позволяет использовать концептуальные интерфейсы при построении систем информационной поддержки процесса восстановления радиоэлектронной аппаратуры.

В работе в качестве модели, позволяющей описывать в терминах и понятиях предметной области множества фактов и свойств, необходимых обслуживающему персоналу в процессе диагностирования, предлагается разработать дескриптивную модель радиоэлектронной аппаратуры. В качестве формальной основы построения дескриптив-

ной модели предлагается использовать математический аппарат онтологий, что позволяет отнести такую модель в класс концептуальных моделей.

Обосновывается двухуровневая структура дескриптивной модели радиоэлектронной аппаратуры. Показано, что в этой модели нижний уровень образован совокупностью прикладных онтологий компонент радиоэлектронной аппаратуры, а верхний уровень - совокупностью предметных онтологий для предметной области технической эксплуатации сложных технических комплексов.

Предложенный подход предоставляет обслуживающему персоналу возможность использовать в запросах термины естественного языка, что открывает возможность развития средств автоматизации систем информационной поддержки для организации интерфейса с обслуживающим персоналом на естественно-подобном языке запросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web* / Asuncion Gomez-Perez, Mariano Fernandez-Lopez, and Oscar Concho. – Springer-Verlag, London, 2004.
2. **Thomas Gruber.** *Collective Knowledge Systems: Where the Social Web meets the Semantic Web.* *Journal of Web Semantics*, 2007.
3. **Анисимов О.В.** Модели радиоэлектронной аппаратуры как основа организации информационных интерфейсов в системах автоматизации технической эксплуатации: Монография. – М.: Изд. ООО «Норд», 2013 – 88 с.
4. **Анисимов О.В.** Направления совершенствования систем информационной поддержки обслуживающего персонала при технической эксплуатации систем специального назначения // H&ES Research, Научно-технические технологии в космических исследованиях земли. – М.: Изд-во ООО «ИД Медиа Паблшер», 2014, Т.VI. №5-2014. – С.44–52.
5. **Воронина И.Е., Пигалкова Е.А.** Создание базовой онтологии для российской системы права на основе онтологии LKIF-CORE // Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2010, №1.
6. **Карпова И., Порысева Е., Казаков Г., Кольцова Э.** Разработка онтологии в области наноконпозиционных материалов. – Информационные ресурсы России, 2012, №2.
7. **Рыбакин А.А., Анисимов О.В.** Формирование эксплуатационной документации образцов вооружения на основе формальных моделей РЭС // Сборник материалов Всероссийской НПК, ВКА им. А.Ф. Можайского. – г. Санкт-Петербург, 2012.
8. **Сабитов К.А.** К вопросу о непроизводительных потерях времени при чтении электрических принципиальных схем // Сб.: Рефераты научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, их частей и частных решений. – М.: НИИЭИР, 1981, Вып.1, серия ТЭ.
9. **Семикин В.А.** Семантическая модель контента образовательных электронных изданий: Автореферат диссертации. – Тюмень, Тюменский государственный университет, 2004.

RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT DESCRIPTIVE MODEL ON THE BASE OF ONTOLOGIES FOR INFORMATIONAL SUPPORT AUTOMATION OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS DIAGNOSIS PROCESS

A.S. Priveten, A.U. Pugachev, O.V. Anisimov, V.A. Kurchidis

The servicing of modern complex technical systems requires from operating personnel not only the skills in items intended use but in its technical maintenance and recovering due to necessity to maintain such systems in serviceable condition. Herewith, one of the main informational resources for operating personnel is an operating documentation kit for radio-electronic equipment.

The ways and means of heterogeneous technical information acquisition during radio-electronic equipment diagnosis, implemented in existing informational support systems, are based on use of formal systems models. Where the considerable volume of descriptive information contained in operating documentation is happen to be not introduced in these models; that represents a meaningful possibilities constraints of existing information support automation systems of operating personnel. One of the directions to improve the automation level is use of models in information support systems permitting on the base of operating documentation to describe the assertion set and properties in terms and notions of subject area which can be applied by the operating personnel during radio-electronic equipment diagnosis process.

These models represent the relevant scientific objective, the solution of which permits to use concept-based interfaces during construction of information support systems in recovering process of radio-electronic equipment.

The article suggests designing a descriptive model of radio-electronic equipment as a model, permitting to describe the assertion set and properties in terms and notions of subject area necessary for operating personnel

during the diagnosis process. As a formal basis for descriptive model construction it's suggested to use the mathematical ontologies tool that permits to treat this model as a class of conceptual models.

The bilevel structure of descriptive radio-electronic model is demonstrated. It's shown that the lower level in this model is formed by aggregate of applicable ontologies of radio-electronic equipment components, and top level – by aggregate of domain-specific ontologies for technical maintenance subject area of complex technical systems.

The proposed approach gives the possibility for the operating personnel to use terms of natural language in requests that affords ground for information support automation systems development to arrange a natural-like requests language interface with the operating personnel.

Поступила 16 марта 2017 года.

ВРЕДОНОСНОЕ АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ЕМУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

© Авторы, 2017

А.С. Русакова

техник 2 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Ю.С. Смирнова

«НИЯУ «МИФИ», г. Москва

Рассмотрена проблема кибершпионажа с использованием вредоносного аппаратного обеспечения. Описано воздействие различных типов аппаратных вирусов на микросхемы вычислительных устройств. Предложены способы уменьшения влияния аппаратных вирусов на микросхемы.

Ключевые слова: аппаратные вирусы, воздействие вирусов на криптографические IP-ядра, методы защиты микросхем от аппаратных вирусов, аппаратные регистраторы, заражённые мыши.

The article considers cyber espionage problem using malicious hardware. The impact of different types of hardware viruses on computer microcircuits is described. Methods of reducing the hardware viruses impact on microcircuits are proposed.

Keywords hardware viruses, hardware viruses impact on cryptography IP cores, microcircuits protection methods from hardware viruses, hardware loggers, virused-up PC mouse.

В статье приводится описание особенностей типов аппаратных вирусов и их функционирования. Вирусы различают по принципу работы, методу активации и типу наносимого вреда. Они могут представляться в виде простейших логических схем, реализующих определённые логические операции, а также иметь более сложную структуру, включающую схему памяти, систему эксfiltrации данных. Рассматривается влияние вирусов на различные части вычислительных устройств. Аппаратные вирусы оказывают вредоносное воздействие на криптографические IP-ядра за счёт встраивания в схему шифрования мультимплексора. К вредоносному аппаратному обеспечению относят и устройства, регистрирующие различные действия оператора ЭВМ (нажатия клавиш на клавиатуре компьютера, движения и нажатия клавиш мыши) – регистраторы. В статье предложены способы обнаружения и защиты от аппаратных вирусов микросхем.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 15.000-94 Система разработки и постановки продукции на производство (СПП). Основные положения.
2. Аппаратные вирусы, компьютерные вирусы в аппаратном обеспечении // Немного про Windows. – URL: <http://about-windows.ru/virusy-i-xakery/virusy/virusy-vnutri-chipov/> (дата обращения: 20.09.2016).
3. Антонов О.Г., Мигунова Е.Ю. Цифровые устройства и микропроцессоры. Ч.1. Цифровые устройства [Текст]: учеб. пособие / под ред. И.Н. Садчикова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006. – 81 с.
4. Penumetcha Dinesh Varma. Hardware Trojan detection in cryptography IP cores by library encoding method / 2015. URL: https://etd.ohiolink.edu/etd.send_file?accession=wright1439326557&disposition=inline (дата обращения: 20.09.2016).
5. Josyula R.Rao, Berk Sunar (Eds.). Cryptographic Hardware and Embedded Systems – CHES 2005, 7th International Workshop, Edinburgh, UK, August 30 – September 1, 2005, Proceedings.
6. Application-Specific Integrated Circuit (ASIC) // Techopedia. – URL: <https://www.techopedia.com/definition/2357/application-specific-integrated-circuit-asic> (дата обращения: 20.09.2016).
7. Герон Шэй. Описание стандарта шифрования AES (Advanced Encryption Standard, улучшенный стандарт шифрования). – URL: <https://software.intel.com/ru-ru/articles/aes-advanced-encryption-standard> (дата обращения: 20.09.2016).
8. Professional Keylogging // Technical info. 2011. – URL: http://www.technicalinfo.net/blog/security/20071222_Hardware_Keyloggers.html (дата обращения: 20.09.2016).
9. Data Exfiltration // Techopedia. – URL: <https://www.techopedia.com/definition/14682/data-exfiltration> (дата обращения: 20.09.2016).

10. *Stopping Hardware Trojans in Their Tracks* // *IEEE Spectrum*. 2015. – URL: <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/design/stopping-hardware-trojans-in-their-tracks> (дата обращения 20.09.2016).
11. **John Villasenor**. *Ensuring Hardware Cybersecurity* [Текст] / John Villasenor. – Issues in Technology Innovation, 2011, №9.
12. *Trojan virus spreads via PC mouse* // *GMA NEWS ONLINE*. 2011. – URL: <http://www.gmanetwork.com/news/story/225633/scitech/trojan-virus-spreads-via-pc-mouse> (дата обращения: 20.09.2016).

MALICIOUS HARDWARE AND COUNTERMEASURES AT VARIOUS STAGES OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT LIFE CYCLE

A.S. Rusakova, J.S. Smirnova

The article describes particularities types of hardware viruses and its functioning. Viruses are classified by operating principle, activation method and harm type. It can be written in the form of simple logic circuits, realizing some certain logical operations, or have a more complex structure, including memory layout and data exfiltration (leakage) system. The malicious virus impact on different parts of computing device is considered. Hardware viruses affect the cryptographic IP-core due to embedding into a multiplexer encryption circuit. Hardware loggers, which register different PC operator activity (keystrokes, mouse movements and clicks) also belong to malicious hardware. The article provides detecting and protecting methods of microcircuits from hardware viruses.

Поступила 30 ноября 2016 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 623.76; 623.822.7

РАЗРАБОТКА НОВОЙ РЛС ДЛЯ АВИАНОСЦЕВ И ДЕСАНТНЫХ ВЕРТОЛЕТОНОСЦЕВ ВМС США НА ОСНОВЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ РЛС AN/SPY-6 СИСТЕМЫ ПРО США AEGIS

© Авторы, 2017

А.Е. Свистунов

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

E-mail: info@raspletin.com

Н.А. Малеева

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

В.А. Кульбякина

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

В статье рассматривается разработка компанией Raytheon новой РЛС на основе технологий, созданных и испытанных в рамках программы создания РЛС S-диапазона для системы ПРО AEGIS AN/SPY-6 (или AMDR-S). Проект новой РЛС, названной EASR (Enterprise Air Surveillance Radar), будет включать два конструктивных варианта для разных типов кораблей. Новая РЛС EASR заменит устаревшие РЛС AN/SPS-48 и AN/SPS-49 и будет выполнять задачи обзора воздушного пространства, управления воздушным движением, а также, как предполагается, поддержку системы NIFC-CA.

Ключевые слова: ПВО, РЛС, авианосная ударная группа.

The article states new radar developed by the Raytheon Company based on the technology developed and tested in the frames of S-band SPY-6 radar (formerly AMDR-S) development project initiated to support AEGIS BMD system. The new radar designated as EASR will be produced in two variants for several types of ships. The new EASR is expected to replace old-fashioned AN/SPS-48 and AN/SPS-49 radars and will support air surveillance and air traffic control missions, and as expected NIFC-CA program support.

Keywords: anti-air warfare, radar, aircraft carrier battle group.

Компания Raytheon 19 августа 2016 года объявила о заключении контракта с Министерством обороны США на разработку новой РЛС, оборудованной АФАР с электронным сканированием и предназначенной для установки на авианосцы и универсальные десантные корабли ВМС США.

Конструкция новой РЛС, получившей обозначение EASR, будет аналогична конструкции РЛС обзора S-диапазона AMDR-S, входящей в состав разрабатываемого для системы ПВО-ПРО AEGIS РЛК AMDR.

Заключенный контракт предполагает разработку двух модификаций РЛС EASR: с вращающимся полотном АФАР для установки на десантные корабли проекта America и тремя стационарными полотнами для установки на авианосцы проекта Gerald G. Ford.

Выбор РЛС AMDR-S в качестве прототипа специалисты компании Raytheon объясняют экономией выделяемого финансирования и легкой масштабируемостью полотна АФАР при установке на различные классы и проекты кораблей ВМС США.

Кроме того, ВМС США планируют закупить РЛС X-диапазона с целью сопряжения с разрабатываемой РЛС EASR. Размещение РЛС EASR на борту авианосцев и десантных вертолетоносцев в составе авианосной ударной группы также может быть обосновано их задействованием в системе NIFC-CA.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raytheon News «Raytheon awarded Navy Enterprise Air Surveillance Radar contract», August 19, 2016.
2. US Department of Defense. Перечень контрактов с BMC США от 19 августа 2016.
3. DDG 51 Flight III ships and Air Missile Defense Radar Engineering change proposal. Report to Congress, February 2015.
4. US Naval Institute News «Raytheon awarded \$92M Navy contract for future carrier, big deck AESA radars», August 22, 2016.

NEW RADAR DEVELOPMENT FOR US CARRIERS AND AMPHIBIOUS ASSAULT SHIPS BASED ON THE NEW SPY-6 RADAR PROJECT FOR AEGIS BMD SYSTEM

A.E. Svistunov, N.A. Maleeva, V.A. Kulbyakina

The Raytheon Company was awarded a contract on August 19, 2016 to develop new active electronically scanned array radar for deployment onboard the US Navy carriers and amphibious assault ships.

The new radar designated as EASR is based on S-band radar design – AMDR-S, which is a key part of AMDR radar suite developed for AEGIS AAW and BMD system.

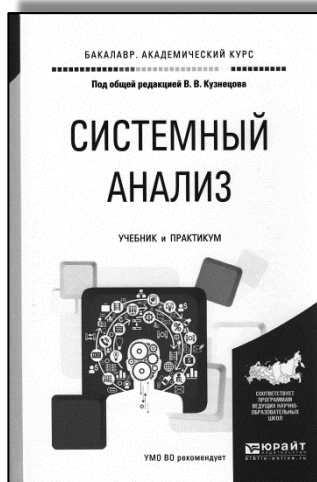
Under the contract EASR will be produced in two modifications: with rotating active phased arrays for deployment on the America class amphibious assault ships and with three fixed antennas for Gerald G. Ford class carriers.

The choice of the AMDR-S radar as a prototype is stipulated by the cost savings and easy scalable active phased arrays when deployed on different classes of ships.

Besides, the US Navy also plans to procure X-band radar for integration with the developing EASR. When deployed on carriers and amphibious assault ships within aircraft carrier battle group EASR radars could be used to support NIFC-CA program.

Поступила 23 марта 2017 года.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ



Кузнецов В.В., Бабуров С.В., Переломов В.Н., Самойлов А.В., Шатраков А.Ю. Системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / под общ. ред. В.В. Кузнецова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 270 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.

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

В книге рассматриваются теоретические и практические вопросы анализа, синтеза и моделирования сложных систем различной природы. Область применения системного анализа очень велика и постоянно расширяется с усложнением и увеличением числа возникающих проблем, а также с совершенствованием методов самого системного анализа.

Ценность системного анализа не только и не столько в его научных методах, а в том, что он нацеливает любого исследователя на системное мышление, на рассмотрение любой проблемы в её полноте и сложности, необходимости всесторонней оценки результатов принимаемых решений.

Учебник окажет практическую помощь специалистам, аспирантам при выполнении исследований и анализа больших сложных систем, а также при выполнении крупных проектов.

Учебник подготовлен к публикации базовой кафедрой Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения при АО «ВНИИРА».

**ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ СТАТЕЙ,
ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ
«ВЕСТНИК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ»**

1. Предоставляемые рукописи должны соответствовать тематике журнала, быть оригинальными, не опубликованными ранее в других печатных или электронных изданиях.
2. Статья, направленная в редакцию, должна содержать следующие материалы:
 - сопроводительное письмо, подписанное руководством организации;
 - акт экспертизы о возможности опубликования в открытой печати;
 - заявление о передаче права на публикацию*;

***Заявление о передаче права на публикацию**

Я(Мы), нижеподписавшийся(иеся), _____ автор(ы) статьи
(ФИО автора, ФИО соавторов)

предоставляю(ем) ПАО «НПО «Алмаз» безвозмездную простую (неисключительную) лицензию на весь срок действия исключительного права для публикации как на языке оригинала, так и в виде перевода, полным текстом или его частью, тиражом, определяемым ПАО «НПО «Алмаз» как в печатном, так и в электронном виде за счёт ПАО «НПО «Алмаз».

Я(Мы) подтверждаю(ем), что данная статья не нарушает интеллектуальных прав других лиц или организаций, а также не является плановой работой, созданной в научном учреждении или вузе в порядке выполнения служебного задания, не копирует содержание научных отчетов, подготовленных по основному месту работы автора(ов) и не содержит сведений, составляющих государственную тайну.

ПОДПИСЬ(И) АВТОРА(ОВ):	
(подпись) _____	паспорт серия _____ № _____
(ФИО) _____	выдан _____
« » _____ 2014 г.	дата выдачи _____
	дата рождения _____
	адрес регистрации _____

- в статье необходимо указать:
 - соответствующий индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);
 - фамилии и инициалы авторов (на русском и английском языках);
 - ученую степень, ученое звание, должность, место работы (ПОЛНОСТЬЮ!), e-mail;
 - название статьи (на русском и английском языках);
 - аннотацию (5–10 строк) (на русском и английском языках);
 - ключевые слова (8–10 слов) (на русском и английском языках);
 - реферат (краткое содержание статьи на русском и английском языках);
 - список литературы (оформляется согласно ГОСТ Р 7.05-2008). Используемая автором литература приводится после статьи в порядке упоминания. Ссылки на используемые источники в тексте указываются в квадратных скобках (например, [1]). Ссылки на *Internet*-ресурсы приводятся в общем списке литературы по автору или заглавию публикации с обязательным указанием адреса сайта, где эта публикация размещена.

➤ данные об авторах: фамилия, имя, отчество (ПОЛНОСТЬЮ!), телефон (служебный или домашний), адрес с индексом – **данная информация опубликована не будет.**

3. Рекомендованный объем авторской статьи до 22 страниц компьютерного текста (авторский лист) в программе *Word* (файл может быть записан на оптическом CD, DVD): размер шрифта – 12, гарнитура – *Times New Roman*, межстрочный интервал – 1,5, поля – 2 см со всех сторон, абзацный отступ – 0,75 см. Установленный размер бумаги – А4 210×290.

4. Формулы выполняются только в формульных редакторах *Math Type* или *Equation Editor*. Формулы следует нумеровать (по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы, а саму формулу выставляют по центру (например, (1)). В формулах **латинские буквы** следует набирать **курсивом**, а **греческие прописные** **прямо**. Векторы и матрицы следует набирать прямым жирным шрифтом; «е» в значении экспоненты – прямым светлым шрифтом. В индексах сокращения от русских и английских слов следует набирать прямым шрифтом.

5. Таблицы набирают тем же шрифтом, что и основной текст, но меньшего размера кегля (кегль 9, допускается снижение до 8 пункта). На каждую таблицу в тексте приводится ссылка. Слово «таблица» в тексте печатается сокращенно («табл.»), а над таблицей – полностью.

6. Иллюстрации (фотографии, рисунки, схемы, графики, диаграммы, карты) необходимо представлять только в виде чёрно-белых файлов. Иллюстрации включены в файл текста, но, помимо этого, они обязательно должны быть представлены отдельным файлом в формате *.TIFF или *.JPG с разрешением 300dpi. В тексте ссылки на иллюстрации нумеруются и сопровождаются подписями.

7. В тексте, таблицах и подрисовочных подписях не допускается сокращение слов (кроме общепринятых, ГОСТ 7.12-77).
8. Отсканированные версии таблиц и формул не допускаются.
9. Рукописи, в которых не соблюдены данные требования, **возвращаются авторам без рассмотрения.**
10. Авторы статей несут ответственность за полноту и достоверность цитируемой в них литературы.
11. За достоверность сведений, изложенных в публикациях, редакция и издатель ответственность не несут.
12. За публикацию материалов, содержащих закрытые сведения, авторы несут персональную ответственность на основании действующих законодательных актов.

13. За публикацию статей с авторов плата не взимается.

14. Научные статьи, получившие положительную рецензию, публикуются как правило, не позднее 6 месяцев с момента поступления рукописи в редакцию.

15. Материал высылать в адрес редакции: 125190, Москва, Ленинградский проспект, дом 80, корп. 16 или E-mail: aspirantura@gskb.ru, izd.group@gskb.ru.

Тел.: 8-499-940-02-22 доб. 16-42, 79-06, 70-19.