

# ВЕСТНИК

## воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 4(28), 2020 г.

### СОДЕРЖАНИЕ

<p><b>ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:</b> П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор</p> <p><b>ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:</b> В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор</p> <p><b>ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:</b> Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент</p> <p><b>РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:</b> Б.М. Вовшин, д-р техн. наук М.А. Горбачёв, д-р техн. наук Б.Н. Горевич, д-р техн. наук, профессор Н.С. Губонин, д-р техн. наук, профессор А.И. Даниленко, д-р техн. наук М.В. Жестев, канд. техн. наук А.А. Жиляев, д-р техн. наук Г.В. Зайцев, д-р техн. наук А.Б. Игнатьев, д-р техн. наук, профессор В.А. Кашин, д-р техн. наук, профессор С.К. Колганов, д-р техн. наук, профессор В.И. Колесниченко, д-р техн. наук, профессор Ю.Н. Кофанов, д-р техн. наук, профессор А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор С.П. Соколов, д-р техн. наук П.И. Стариковский, д-р техн. наук А.Ф. Страхов, д-р техн. наук, профессор А.А. Трухачев, д-р техн. наук Ю.Г. Шатраков, д-р техн. наук, профессор</p> <p>Технический редактор: М.А. Лайков Корректор: А.Н. Борзова Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина</p> <p>☎ редакции (499) 940-02-22 доб. 1-79-06, 1-17-23, 1-16-00, 5-51-15 E-mail: aspirantura@gskb.ru izd.group@gskb.ru</p> <p>Вестник воздушно-космической обороны:</p>	<p>► <b>Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО</b></p> <p><b>Н.А. Лешко, Д.М. Петроченков, А.В. Тимошенко</b> <i>Анализ состояния и перспектив развития активно-пассивных радиолокационных систем зарубежных и отечественных военно-промышленных компаний</i> ..... 6</p> <p>► <b>Применение сил и средств ВКО</b></p> <p><b>К.З. Билятдинов, И.А. Шляпцев, В.В. Меняйло</b> <i>О повышении эффективности управления эксплуатацией технических систем</i> ..... 18</p> <p><b>С.К. Колганов</b> <i>Виртуальная электронная компонентная база как инструмент для управления жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники</i> ..... 26</p> <p><b>А.Л. Переверзев, О.Э. Разинькова, А.В. Тимошенко</b> <i>Перспективы применения малозаметных беспилотных радиотехнических комплексов в интересах разведки и контроля воздушного пространства</i> ..... 42</p> <p>► <b>Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ</b></p> <p><b>Г.П. Бендерский, Я.И. Малашко</b> <i>Построение диссертации на соискание учёной степени (технические науки)</i> ..... 47</p> <p><b>И.В. Богданов, А.Н. Величко, А.В. Степовой, А.В. Цапцов</b> <i>Устройство для лабораторной отработки алгоритмов спектральной селекции</i> ..... 65</p> <p><b>А.В. Варгасов, П.А. Кощеев, Д.Н. Репнев</b> <i>Метод математического моделирования тепловых режимов современных герметичных малогабаритных РЛС</i> ..... 72</p> <p><b>А.И. Даниленко, С.А. Урюпин</b> <i>Использование результатов калибровки коэффициентов передачи цифровой приёмной антенной решётки для фазирования многоканального передающего устройства</i> ..... 78</p> <p><b>А.Д. Дризе, К.Н. Климов</b> <i>Электродинамическое моделирование элементов тракта станции спутниковой связи</i> ..... 87</p>
---	---

Научно-технический журнал/  
ПАО «НПО «Алмаз», 2020 г.  
№ 4(28). С. 1–132

Подписано в печать 8.12.2020 г.  
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.  
Заказ № 176582

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

Свидетельство о регистрации:  
ПИ № ФС77-63487

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

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

Статьи рецензируются.

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

© ПАО «НПО «Алмаз», 2020

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

**Г.В. Светлов, С.С. Кукушкин**  
*Теоретические основы оценивания полноты  
и достоверности полученной измерительной информации.....* 98

► **Прикладные задачи применения  
информационных технологий**

**К.З. Билятдинов, В.В. Меняйло**  
*Методика оценки вероятности достижения цели  
функционирования систем.....* 102

**А.А. Жиляев**  
*Использование индивидуальных QR-кодов сотрудников предприятий  
при формировании творческих коллективов.....* 108

**А.П. Коновальчик, М.Ю. Конопелькин, А.О. Щирый, А.А. Арутюнян**  
*Этапы проектирования перспективных радиолокационных станций  
в специализированной САПР.....* 111

► **Аналитические исследования зарубежного опыта**

**В.И. Колесниченко, С.В. Голубчиков, М.В. Жестев,  
С.В. Аксёнов, В.К. Новиков**  
*Современное состояние и перспективы развития  
глобальной эшелонированной системы противоракетной обороны  
на европейском континенте.....* 119

► **Научные рецензии и отзывы.....** 132

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

---

---

# CONTENTS

## ► Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

**N.A. Leshko, D.M. Petrochenkov, A.V. Tymoshenko**

*Analysis of state and prospects of development of active/passive radar systems by foreign and domestic military-industrial companies.....6*

## ► Aerospace defense systems and components application

**K.Z. Biliatdinov, I.V. Shlyantsev, V.V. Menailo**

*On technical system operation management efficiency improvement ..... 18*

**S.K. Kolganov**

*Vital electronic component base as an instrument of armament, military and specialized equipment life cycle management.....26*

**A.L. Pereverzev, O.E. Razinkova, A.V. Tymoshenko**

*Prospects of stealthy unmanned radio complex use in the interest of airspace reconnaissance and control.....42*

## ► Design-engineering and technological research works

**G.P. Benderskiy, Y.I. Malashko**

*Structuring thesis in pursuit of academic degree (in technical sciences) .....47*

**I.V. Bogdanov, A.N. Velichko, A.V. Stepovoy, A.V. Tsapsov**

*The device for laboratory working off of algorithms of spectral selection.....65*

**A.V. Vargasov, P.A. Kosheev, D.N. Repnev**

*Method of mathematical modeling of thermal conditions modern sealed small-sized radar stations.....72*

**A.I. Danilenko, S.A. Uryupin**

*Using results of digital receiving antenna array transmission coefficient calibration for multichannel transmitter phasing.....78*

**A.D. Drize, K.N. Klimov**

*Electromagnetic simulation of satellite communication station path elements.....87*

**G.V. Svetlov, S.S. Kukushkin**

*The oretical basis for evaluating completeness and reliability of received measurement information .....98*

## ► IT applied application tasks

**K.Z. Biliatdinov, V.V. Menailo**

*System functioning goal achievement probability assessment methodology .....102*

**A.A. Zhiliaev**

*Using individual employee QR codes in the formation of creative teams .....108*

**A.P. Konovalchik, M.Y. Konopelkin, A.O. Schiryi, A.A. Arutyunyan**

*Stages of designing advanced radar stations in a specialized domestic CAD system .....111*

▶ <b>Foreign experience analytic research</b>	
V.I. Kolesnichenko, S.V. Golubchikov, M.V. Zhestev, S.V. Aksyonov, V.K. Novikov <i>Modern state and prospects of global layered air defence system development in Europe</i> .....	119
▶ <b>Scientific reviews and reference</b> .....	132

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

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

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

Включён в перечень ВАК по группам научных специальностей:

05.12.00 – Радиотехника и связь;

05.27.00 – Электроника.

**Уважаемые  
читатели и авторы журнала!**

От лица редакционной коллегии и учредителя журнала «Вестник воздушно-космической обороны» – Публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» поздравляю вас, наших друзей и партнёров, с наступающим Новым годом!

Уходящий год был весьма насыщенным и напряжённым по многим направлениям, и это нашло своё отражение на страницах нашего журнала.

Публикуемые статьи содержат не только научную и практическую значимость результатов исследований авторов, но также отражают актуальность новых направлений в освещении военно-теоретических, научно-технических и конструкторско-технологических вопросов.

Учитывая это, работники, обеспечивающие выпуск издания, стремятся обеспечить широкий спектр суждений при публикации сложных теоретических и практических вопросов, что несомненно расширяет творческое взаимодействие специалистов оборонной отрасли промышленности, Вооруженных Сил, организаций Российской академии наук и ведущих вузов в области реализации военно-технической политики государства.

Уважаемые друзья!

В предстоящем году мы искренне надеемся на дальнейшее развитие всего конструктивного и положительного, что было наработано в нашем сотрудничестве за истекшие годы.

Пусть в Новом году наша совместная работа обеспечит больше интересных и полезных с научной и практической точки зрения публикаций.

С Новым Годом вас!



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



---

# ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

---

УДК 621.396.96

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ АКТИВНО-ПАССИВНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЙ

© Авторы, 2020

**Н.А. Лешко** доктор технических наук, доцент,  
начальник кафедры зенитных ракетных комплексов, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль  
E-mail: nikolaj\_zru@mail.ru

**Д.М. Петроченков** кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроники, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль  
E-mail: pdm78@mail.ru

**А.В. Тимошенко** доктор технических наук, профессор,  
начальник лаборатории, НИУ «Московский институт электронной техники», г. Москва  
E-mail: u567ku78@gmail.ru

---

Прогресс, достигнутый в совершенствовании высокоточного оружия (ВТО), наводящегося на радиоизлучение, а также применение в военном самолётостроении Stealth-технологий привели к снижению боевой устойчивости систем ПВО, построенных на традиционной активной радиолокации. Анализ военных конфликтов и войн последних десятилетий показал тенденцию к повышению потерь активных средств радиолокации, составляющих основу информационного обеспечения системы ПВО, за счёт применения по ним ВТО. В связи с этим, актуализировалась задача повышения живучести и, как следствие, боевой устойчивости подсистемы информационного обеспечения системы ПВО. Одним из вариантов, решения указанной задачи является применение радиолокационных систем, работающих на принципах активно-пассивной радиолокации, с кооперируемыми или некооперируемыми источниками подсвета. **Целью работы** является исследование состояния и перспектив развития радиолокационных систем, использующих сопутствующие источники подсвета воздушных объектов, разрабатываемых ведущими промышленными компаниями. В статье представлены результаты анализа понятийного аппарата, используемого в активно-пассивной локации. Проведён анализ характеристик существующих образцов активно-пассивных радиолокационных систем, разрабатываемых ведущими промышленными компаниями, и принципов применения, выявлены общие тенденции их построения. Определены приоритетные направления исследований в области активно-пассивной локации в условиях современных возможностей средств воздушного нападения.

**Ключевые слова:** активная радиолокация, пассивная радиолокация, активно-пассивная радиолокация, кооперируемый источник подсвета, некооперируемый источник подсвета, понятийный аппарат.

---

*The progress achieved in the improvement of precision-guided munition (PGM) guided by radio emission as well as the use of Stealth technologies in military aircraft construction have led to a decrease in the combat stability of air defense systems that are based on conventional active radars. The analysis of military conflicts and wars in recent decades has shown a tendency towards an increase in the loss of active radar assets, which form the basis of information support for an air defense system, due to the use of PGM against them. In this regard, the task of increasing the survivability and, as a consequence, the combat stability of the information support*

---

*subsystem of an air defense system has become more relevant. One of the options for solving this problem is the use of radar systems operating on the principles of active/passive radar systems with cooperative or non-cooperative illumination sources. The aim of the work is to study the state and development prospects of radar systems that use accompanying sources of illumination of air objects and are developed by leading industrial companies. The article presents the results of the analysis of a conceptual framework related to active/passive radar system operation. An analysis of the characteristics of the existing models of active/passive radar systems developed by leading industrial companies as well as the principles of application is presented; general trends of their construction are revealed. Priority areas of research in the field of active/passive radar system operation in the conditions of modern capabilities of air attack weapons have been determined.*

**Keywords:** active radar, passive radar, active/passive radar, cooperative illumination source, non-cooperative illumination source, conceptual framework.

Одно из перспективных направлений развития радиолокационных систем связано с использованием полей радиолокационного подсвета, создаваемых сопутствующими (кооперируемыми и некооперируемыми) источниками излучения, для обнаружения и определения местоположения воздушных объектов. Интерес к таким системам обусловлен рядом их положительных свойств, основными из которых являются: повышение скрытности работы, возможность обнаружения неизлучающих целей, отсутствием необходимости согласования режимов работы с позиции электромагнитной совместимости и т.п.

Анализ публикаций в указанной предметной области показал наличие интереса отечественных и зарубежных исследователей и компаний в разработке таких систем. Целью статьи является исследование состояния и перспектив развития радиолокационных систем, использующих сопутствующие источники подсвета воздушных объектов, разрабатываемых ведущими промышленными компаниями. Работа выполнена в три этапа.

На первом рассмотрен понятийный аппарат для уточнения семантики и повышения релевантности запросов при информационном поиске.

На втором определены существующие образцы зарубежных и отечественных активно-пассивных радиолокационных систем.

На третьем проанализированы тенденции развития активно-пассивных систем ведущих зарубежных военно-промышленных компаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Р50.1.0715-2011. Рекомендации по стандартизации. Разработка стандартов на термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2012.
2. ГОСТ РВ 524141-2005. Средства радиолокационные. Термины и определения: Гос. воен. стандарт Рос. Федерации ГОСТ РВ 52414-2005; Введ. впервые; Введ. 2006-07-01 / Федер. агентство по техн. регулированию и метрологии. – Москва: Стандартинформ, 2006. – IV, 15 с.
3. Ширман Я.Д., Багдасарян С.Т., Маляренко А.С. и др. Радиолокационные системы: Основы построения и теория. Справочник. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / под ред. Я.Д. Ширмана. – М: Радиотехника, 2007. – 512 с.
4. Справочник по радиолокации. В 2-х книгах: Пер. с англ. / под общей ред. В.С. Вербы. Книга 2 / под ред. М.И. Скольника. – М.: Техносфера, 2014. – 672 с.
5. Бакулев П.А. Радиолокационные системы: учебник для вузов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2015. – 440 с.
6. Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М. и др. Радиотехнические системы: учебник для вузов по специальности «Радиотехника» / под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
7. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
8. Ткачев Г.Н., Готовчиц И.В., Крылов Б.Н. Возможности практической реализации схемы полуактивной радиолокации с независимым источником подсвета в коротковолновом диапазоне // Успехи современной радиоэлектроники. – 2011, №4. – С.34–41.
9. Лешко Н.А., Цыбульник А.Н. Радиотехническая разведка и скрытная радиолокация. – Ярославль: ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 2006. – 152 с.
10. Hugh D. Griffiths, Cristopher J. Baker *An introduction to passive radar*. – Norwood: Artech House, 2017. – P.212.
11. *Silent Sentry Passive Surveillance*. Lockheed Martin Mission Systems [Electronic resource] // 7.06.1999. – URL: <http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.8561&rep=rep1&type=pdf>.
12. Jonas Myhre. *Christiansen DVB-T based Passive Bistatic Radar* // Norwegian Defence Research Establishment (FFI). FFI-rapport 2010/01262.
13. Anupam Tiwari. *Green Radars: Dual Use of Communication & Navigational Transmitters for Surveillance of Airports against Stealth Aircrafts & Swarms / Mini / Micro UAVs* // IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE) 14.2 (2019): 01-07. DOI: 10.9790/1676-1402010107.
14. Dimitrios Oikonomou, Panagiotis Nomikos, George Limnaios, Konstantinos C. Zikidis. *Passive Radars and their use in the Modern Battlefield* // Journal of Computations & Modelling. – 2019, vol.9, №2. – P.37–61.
15. By J.R. Wilson *New frontiers in passive radar and sonar* [Electronic resource] // 8.02.2016. – URL: <https://www.militaryaerospace.com/communications/article/16709052/new-frontiers-in-passive-radar-and-sonar>.
16. *Defense Support and Auxiliary Equipment Manufacturing Global Market Report 2019* [Electronic resource], 8.02.2016. – URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20190204005337/en/Global-Defense-Support-Auxiliary-Equipment-Manufacturing-Market>.
17. Аношин И.М. Зарубежные многопозиционные радиолокационные системы скрытного контроля воздушного пространства // Наука и военная безопасность. – 2007, №1. – С.28–33.
18. Петров В. Гришулин С. Наземные радиолокационные станции ПВО-ПРО на ТВД стран НАТО // Зарубежное военное обозрение. – 2010, №9. – С.63–68.

19. Bryan Clark Mark Gunzinger *Winning the airwaves regaining america's dominance in the electromagnetic spectrum*. – Washington: Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2015. – P.68.
20. William L. Melvin, James A. Scheer *Principles of Modern Radar. Vol. III: Radar Applications*. – London: SciTech Publishing, 2014. – P.821.
21. TwInvis – Passive Radar // [Electronic resource], 14.05.2019. – URL: [https://www.hensoldt.net/fileadmin/HENSOLDT\\_2019/Products/Radar\\_IFF\\_Datalink/18-04-28\\_Hensoldt\\_TwInvis\\_Passive\\_Radar\\_Flyer\\_v2d\\_highres.pdf](https://www.hensoldt.net/fileadmin/HENSOLDT_2019/Products/Radar_IFF_Datalink/18-04-28_Hensoldt_TwInvis_Passive_Radar_Flyer_v2d_highres.pdf).
22. Игнатъев О. Перспективы строительства системы противоракетной обороны НАТО // Зарубежное военное обозрение. – 2015, №2. – С.63–69.
23. Bryan Clark 2019 Forecast: Hard Choices On Invisible Warfare // [Electronic resource], 4.01.2019. – URL: <http://breakingdefense.com/2019/01/2019-forecast-hard-choices-on-invisible-warfare>.
24. David B. Larter *The Surface Navy Needs to Fundamentally Reshape Itself to Defeat the Chinese Threat, Study Finds* [Electronic resource] // 8.01.2020. – URL: <https://csbaonline.org/about/news/the-surface-navy-needs-to-fundamentally-reshape-itself-to-defeat-the-chinese-threat-study-finds>.
25. CELLDAR – Cellphone Radar System [Electronic resource] // 8.03.2006. – URL: <https://web.archive.org/web/20060308181747/http://www.roke.co.uk/sensors/stealth/cellidar.asp>.
26. By StaffRoke Manor Research uses mobile phone signals to make cheap radar [Electronic resource] // 31.07.2002. – URL: <https://www.electronicweekly.com/news/archived/resources-archived/roke-manor-research-uses-mobile-phone-signals-to-make-cheap-2002-07>.
27. Passive radar activists [Electronic resource] // 19.11.2014. – URL: <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/aerospace/case-study/passive-radar-activists>.
28. Линник С. Совершенствование системы ПВО Китая. Часть 1: Армейский вестник. 18.01.2019. – URL: <https://army-news.ru/2019/01/sovershenstvovanie-sistemy-pvo-kitaya-chast-1>.
29. Ankit Panda *How Effective Is China's New Anti-Stealth Radar System, Really* [Electronic resource] // 06.10.2014. – URL: <https://thediplomat.com/2014/10/how-effective-is-chinas-new-anti-stealth-radar-system-really>.
30. HENSOLDT's Passive Radar in NATO Measurement Campaign. Excellent detection performance without detectable emissions [Electronic resource] // 29.10.2019. – URL: <https://www.hensoldt.net/news/hensoldts-passive-radar-in-nato-measurement-campaign>.
31. Detour 2014 – ERA introduced its PCL system within NATO exercise [Electronic resource] // 1.09.2014. – URL: <https://www.era.aero/en/about-era/press-releases/detour-2014-era-introduced-its-pcl-system-within-nato-exercise>.
32. Mateusz Malanowski *Signal Processing for Passive Bistatic Radar*. – Norwood: Artech House, 2019. – P.385.
33. Heiner Kuschel, Jurg Heckenbach, Jochen Schell *Deployable Multiband Passive/Active Radar for Air Defense (DMPAR)* // IEEE A&E SYSTEMS MAGAZINE, September 2013. – P.37–45.
34. Stejskalet V. et al. DETOUR trials: The mission and its results, 2017 18<sup>th</sup> International Radar Symposium (IRS), Prague, 2017, pp. 1-14, doi: 10.23919/IRS.2017.8008191.
35. SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANISATION. SET-284 SPECIALISTS' MEETING on Enhanced Situation Awareness using Active-Passive Radar Systems in Military Scenarios. PROGRAMME [Electronic resource] // 14.02.2020. URL: <https://events.sto.nato.int/index.php/upcoming-events/event-ist/download.file/1528>.
36. Иванов Ю.В., Маклаков В.В., Трофимов В.П. Скрытное обнаружение и целеуказание неизлучающих и слабоотражающих движущихся объектов в поле электромагнитных волн // Специальная техника. – 2009, №6. – С.32–42.
37. Проскурин В.И., Ягольников С.В., Шевчук В.И. Радиолокационное наблюдение. Методы, модели, алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2017. – 386 с.
38. Верба В.С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития. – М.: Радиотехника, 2008. – 432 с.
39. Ашурбейли И.Р., Чельцов Б.Ф., Хюпенен А.И., Волков С.А. Опыт и уроки боевого применения войск и вооружения ПВО в локальных войнах и вооруженных конфликтах. – М.: ООО «Рекламный проспект», 2012. – 203 с.
40. Владимиров В.И., Лихачев В.П., Шляхин В.М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. Методы и математические модели / под. ред. В.М. Шляхина. – М.: Радиотехника, 2004. – 384 с.

## ANALYSIS OF STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF ACTIVE/PASSIVE RADAR SYSTEMS BY FOREIGN AND DOMESTIC MILITARY-INDUSTRIAL COMPANIES

N.A. Leshko, D.M. Petrochenkov, A.V. Timochenko

One promising area of radar system development is the use of radar illumination fields created by accompanying (cooperative and non-cooperative) radiation sources in order to detect and locate air objects. The interest shown in these systems is motivated by several their positive features. The most important of them are increased security, non-radiating target detection capability, absence of need to match operation modes in terms of electromagnetic compatibility, etc. The analysis of literature in this domain has shown that domestic and foreign researchers and companies are indeed interested in the development of these systems. The aim of the article is to study the state and development prospects of radar systems that use accompanying air object illumination sources and are developed by leading industrial companies. The study has been performed in three stages.

The first stage was conceptual framework research with the aim of clarifying the semantics and increasing the relevance of queries during searches of information. The second stage was matching foreign and domestic active/passive radar systems. The third stage was the analysis of active/passive radar system development trends for leading foreign military-industrial companies.

Поступила 27 августа 2020 года.

---

---

# ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

---

---

УДК 621.396.6.004

## О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© Авторы, 2020

**К.З. Билятдинов** кандидат военных наук,  
доцент, ФГАОУ ВО «НИУ ИТМО», г. Санкт-Петербург  
E-mail: k74b@mail.ru

**И.А. Шлянцев**  
начальник отдела, АО «НИИССУ», г. Москва  
E-mail: Namaioiki@protonmail.com

**В.В. Меняйло** кандидат филологических наук,  
доцент, НИУ «ВШЭ», г. Санкт-Петербург  
E-mail: menyaylo917@mail.ru

---

Сформулирована проблема в области повышения эффективности управления эксплуатацией и технического обеспечения систем военного назначения. Предлагается и обосновывается решение этой проблемы за счёт снижения времени принятия управленческих решений путём создания и применения универсальной методологии оценки качества технических систем (образцов вооружения и военной техники), входящих в состав современных систем военного назначения. Представлены направление применения методологии как интеграционного резерва повышения эффективности управления, состав методологии в виде совокупности принципов, методов, способа, моделей, методик и программ для ЭВМ, а также схема разработки и взаимосвязи теоретических основ и практической части методологии в интересах решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** проблема, методология, качество, система, управление, эксплуатация, эффективность.

---

*The article states a problem of the improvement of the efficiency of technical system operation management and technical military system support. It is proposed to solve this problem by decreasing the time of managerial decision-making thanks to the creation and application of a universal quality assessment methodology for technical systems (weapons, military equipment, hardware, and vehicles) which are part of contemporary military systems. Then the article describes an area of application of this methodology as integrational reserves of management efficiency increase; in addition, it presents the methodology as a combination of principles, methods, models, techniques and software. Finally, the authors outline a diagram of the development and interdependence of the theoretical grounds and the practical part of the methodology in order to solve the stated problem.*

**Keywords:** problem, methodology, quality, system, management, operation, efficiency.

---

Важное значение в деле обеспечения обороны, безопасности и устойчивого управления государством в военное время и в чрезвычайных ситуациях мирного времени имеет эффективное управление эксплуатацией и техническим обеспечением различных технических систем (далее – ТС), входящих в состав современных систем военного назначения (далее – СВН). Сегодня можно обоснованно сформулировать актуальную проблему в области повышения эффективности управления эксплуатацией и ТО СВН, состоящую в необходимости разрешения противоречия между требованиями к существенному снижению расхода ресурсов и времени на принятие управленческих решений по результатам оценки качества ТС в процессе эксплуатации и выполнением обязательного условия по рациональному использованию для оценки качества ТС больших объёмов разнообразной информации, получаемой в процессе эксплуатации из различных источников.

Сформулированная проблема отражает несоответствие между требуемым и существующим состоянием дел в исследуемой предметной области. Кроме того, изложенный в статье материал обосновывает наличие двух важнейших свойств проблемы:

1. Актуальность – необходимость скорейшего решения проблемы обуславливается современными требованиями в сфере совершенствования и развития различных СВН.

2. Значимость – от решения проблемы зависит обороноспособность и безопасность государства.

Решение вышеназванной актуальной проблемы возможно путем создания и применения методологии оценки качества ТС (далее – методология).

При этом с практической точки зрения решения вышеназванной проблемы данная методология будет представлять собой организованную совокупность принципов, методов, способа, моделей, методик и программ для ЭВМ, а с теоретической – учение об организации деятельности в области методологического, математического и программного обеспечения оценки качества ТС, входящих в состав исследуемых СВН.

Основной положительный эффект от разработки и внедрения методологии должен заключаться в решении проблемы исследования и состоять в существенном снижении затрат времени и ресурсов на оценку качества ТС в процессе эксплуатации. Как следствие, применение методологии должно привести к существенному сокращению времени принятия своевременных и обоснованных управленческих решений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Билиятдинов К.З., Меньяло В.В.** Методология оценки качества в сфере устойчивости больших технических объектов // Век качества. – М.: Изд-во «НИИ экономики связи и информатики «Интерэксперт», 2020, №2. – С.198–214.
2. **Билиятдинов К.З.** Расчёт и анализ вероятностных характеристик системы // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020610203, дата государственной регистрации 10.01.2020.
3. **Билиятдинов К.З.** Реализация способа рациональной работы с информационными ресурсами и формирования информационных резервов системы // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020610335, дата государственной регистрации 13.01.2020.
4. **Билиятдинов К.З.** Анализ и оценка эффективности систем // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020610389, дата государственной регистрации 14.01.2020.
5. **Билиятдинов К.З.** Оценка устойчивости систем // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020615328, дата государственной регистрации 21.05.2020.
6. Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством // Сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б.И. Герасимова. – Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, 2004, Выпуск 13. – 240 с.

## ON TECHNICAL SYSTEM OPERATION MANAGEMENT EFFICIENCY IMPROVEMENT

**K.Z. Biliatdinov, I.V. Shlyantsev, V.V. Menailo**

Efficient management of operation and technical support of various technical systems (hereinafter, TS) within contemporary military systems (hereinafter, MS) is of primary importance for the defence, safety and sustainable governing of a state in times of war and emergency. Nowadays, it is possible to fully outline a topical problem in the sphere of the improvement of management efficiency and military system technical support, which lies in the necessity to find in the course of operation a balance between the requirements for a sizeable decrease in time and resources needed for logical managerial decision-making and meeting the obligatory condition for efficient use of big volumes of various data coming from multiple sources for the purpose of TS quality assessment.

The outlined problem highlights a discrepancy between the required and the existing states of this domain and is characterized by the following:

1. Topicality – the necessity to solve the problem is conditioned by the current requirements in the sphere of improvement and development of MS.

2. Practical importance – the safety and defence capability of a state depend on the solution of this problem.

To solve the problem the authors propose to apply a specially developed methodology of TS quality assessment. This methodology presents an organized practical aggregate of principles, methods, models, techniques and software, as well as a theoretical study of the organization of methodological, mathematical and software support of TS quality assessment within MS.

The main positive effect of the development and application of this methodology is a considerable decrease in the time and resources needed for TS quality assessment during its operation. As a result, the application of the methodology will lead to a significantly lower time needed for logical managerial decision-making.

Поступила 24 июля 2020 года.

## **ВИРТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

© Автор, 2020

**С.К. Колганов** заслуженный военный специалист РФ, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, АО «ЦНИИ экономики, информатики и систем управления», г. Москва  
E-mail: ksk47@mail.ru

*В статье рассматриваются пути эволюционного продления жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) на основе концепции виртуальной электронной компонентной базы, обеспечивающей методическое и программно-аппаратное единство процесса проектирования радиоэлектронной аппаратуры. Содержание статьи носит дискуссионный характер.*

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

*The article describes evolutionary ways of expanding the life cycle of radio electronic hardware installed in military weapons, equipment and vehicles based on a virtual electronic component base concept that provides methodical and programme-hardware consistency of radio electronic hardware design process. The content of the article is aimed at prompting discussion.*

**Keywords:** radioelectronic equipment, component base, weapons, military and specialized equipment, life cycle, survivability, reliability, information security.

Одной из основ для решения задач анализа жизненного цикла ВВСТ могут служить CALS (ИПИ)-технологии, рассматриваемые как система взаимоуязванных принципов и технологий информационной поддержки жизненного цикла образцов ВВСТ на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды, и обеспечивающая:

- единообразие способов управления процессами и взаимодействие всех участников (заказчиков продукции, поставщиков и производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала);
- реализацию требований системы международных (ISO, АЕСМА и др.) и отечественных стандартов (ЕСКД, ЕСТД и др.), регламентирующих правила взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. **Авдонин Б.Н.** Стратегические аспекты развития радиоэлектронного комплекса // ИнВестРегион. – 2006, № 4.
2. **Борисов Ю.И.** Обеспечение качества – стратегия развития радиоэлектронного комплекса // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2004, № 7.
3. **Буренок В.М.** Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2005.
4. **Вентцель Е.С.** Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учеб. пособие. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2004.
5. **Колганов С.К., Алдошин В.М., Лазаревич Э.Г.** Виртуальная элементная база – технологическая основа для обеспечения эксплуатации, модернизации и продления жизненного цикла образцов вооружения и военной техники // Вопросы оборонной техники. – Москва, 2006, серия 3, Выпуск 6 (337).
6. **Лазаревич Э.Г., Колганов С.К., Алдошин В.М.** Продление жизненного цикла сложных радиоэлектронных систем за счёт внедрения технологии «свертка» // Вопросы оборонной техники. – 2006, серия 3, Выпуск 2 (333). – С.8–11.
7. **Лазаревич Э.Г., Колганов С.К., Семак Ю.И.** Продление жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры вооружения и военной техники на основе концепции виртуальной электронной компонентной базы // Вопросы оборонной техники. – М., 2009, серия 3, Выпуск 5 (354). – С.46–58.

8. Лазаревич Э.Г., Колганов С.К., Семак Ю.И. Концепция виртуальной электронной компонентной базы – основа реализации спиралевидной модели развития систем вооружения // Наука и военная безопасность (Республика Беларусь). – 2010, №1. – С.30–35.
9. Лазаревич Э.Г., Колганов С.К., Семак Ю.И. Виртуальная составляющая развития вооружения и военной техники / Вопросы оборонной техники. – 2012, серия 3, Выпуск 2 (369). – С.20–25.
10. Колганов С.К., Лазаревич Э.Г. Методы продления жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры: Монография. – *Palmarium Academic publishing*, 2018.

## **VITUAL ELECTRONIC COMPONENT BASE AS AN INSTUMENT OF ARMAMENT, MILITARY AND SPECIALIZED EQUIPMENT LIFE CYCLE MANAGEMENT**

**S.K. Kolganov**

One basic platform for solving tasks related to the analysis of the life cycle of armaments, military and specialized equipment may be CALS technology. It is defined as a system of interconnected principles and technology for AMSE life cycle information support at all its stages that is based on the use of integrated information environment and that ensures:

- the uniformity of process management techniques and the cooperation of all participants (customers, suppliers, manufacturers, maintenance and repair personnel);
- the compliance with the requirements of standard foreign (ISO, AECMA, etc.) and domestic (ЕСКД (USDD), ЕСТД (USTD), etc.) systems that generally regulate the cooperation by means of electronic data interchange.

**Поступила 24 августа 2020 года.**

УДК 621.396.6.029.64

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОЗАМЕТНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ИНТЕРЕСАХ РАЗВЕДКИ И КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

© Авторы, 2020

**А.Л. Переверзев** доктор технических наук, доцент,  
проректор по инновационной деятельности, НИУ «Московский институт электронной техники», г. Москва  
E-mail: vrin@miee.ru

**О.Э. Разинькова** кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник Военного учебно-научного центра ВВС,  
ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж  
E-mail: razinkovsergey@rambler.ru

**А.В. Тимошенко** доктор технических наук, профессор,  
начальник лаборатории, НИУ «Московский институт электронной техники», г. Москва  
E-mail: u567ku78@gmail.ru

---

На основе анализа задач разведывательно-информационного обеспечения воздушно-космической обороны обоснованы потребности усиления функций разведки и контроля воздушного пространства за счёт применения радиотехнических комплексов на беспилотных летательных аппаратах. Определены принципы построения и применения разведывательных средств, а также уровни радиолокационной заметности их носителей для достижения боевой устойчивости процесса добывания данных о системах управления и наведения высокоточного оружия противника.

**Ключевые слова:** система разведки и контроля воздушного пространства, беспилотный радиотехнический комплекс, системы управления и наведения высокоточного оружия, эффективная площадь рассеяния объекта.

*Based on the analysis of the tasks of reconnaissance and information support of aerospace defence systems a need to broaden the functions of reconnaissance and airspace control facilities through the use of radio complexes on unmanned aircraft is justified. The principles of the construction and use of reconnaissance means as well as the levels of radar visibility of their carriers are defined in order to achieve combat stability of the process of obtaining data on the enemy's high-precision weapon control and guidance systems.*

**Keywords:** of airspace reconnaissance and control system, unmanned radio complex, high-precision weapon control and guidance system, object's radar cross-section.

---

На основе анализа задач разведывательно-информационного обеспечения воздушно-космической обороны обоснованы потребности усиления функций разведки и контроля воздушного пространства за счет применения радиотехнических комплексов на беспилотных летательных аппаратах. Перспективы применения беспилотных радиотехнических комплексов связаны с анализом боевого состава сил противника и характера их деятельности, вскрытием факта массового взлета средств воздушного нападения, обнаружением и сопровождением воздушных целей по результатам приема и анализа излучений бортовых радиоэлектронных средств.

Необходимость оснащения системы разведки и контроля воздушного пространства беспилотными радиотехническими комплексами обусловлена неполным соответствием разведывательно-информационного обеспечения воздушно-космической обороны современным требованиям ввиду отсутствия автоматизированной системы разведки, построенной в соответствии с принципами комплексной обработки разнородных данных.

Для достижения полноты разведывательно-информационного обеспечения воздушно-космической обороны непосредственные задачи беспилотных радиотехнических комплексов могут быть объединены в три группы:

- 1) контроль воздушного пространства с рубежами выдачи информации на малых, средних и больших высотах в зонах ответственности войск (сил) воздушно-космической обороны;
- 2) контроль воздушного пространства в районах дислокации, базирования или патрулирования средств воздушного нападения противника;
- 3) разведка баллистических и аэродинамических целей со своевременной выдачей координатно-трассовой и признаковой информации о них в системы управления и поражения воздушно-космической обороны.

Определены принципы построения и применения разведывательных средств, а также уровни радиолокационной заметности их носителей для достижения боевой устойчивости процесса добывания данных о системах управления и наведения высокоточного оружия противника. Показано, что создание малоаметных комплексов требует придания их корпусам малоотражающих форм за счет исключения двух- и трехгранных конструкций с прямыми углами при вершинах и сокращения числа внешнего оборудования, а также нанесения на поверхности радиопоглощающих материалов, частотно-поляризационных селективных и управляемых покрытий.

Вследствие малой заметности радиотехнических комплексов становится возможным ведение разведки радиоэлектронных объектов при барражировании над территорией противника в зонах противодействия зенитно-ракетных комплексов и истребительной авиации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Рахманов А.А., Менячихин А.И.** Важнейший элемент ВКО // Воздушно-космическая оборона. – 2013, №2. – С.57–61.
2. **Сумин А., Ляхов Н.** Система разведки и предупреждения должна стать интегрирующим звеном ВКО // Воздушно-космическая оборона. – 2003, №5. – С.35–40.
3. Радиозлектронные системы: основы построения и теория / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 874 с.
4. Управление и наведение беспилотных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 280 с.
5. **Стрельников Д.** Концептуальные взгляды командования ВВС США на развитие беспилотной авиации // Зарубежное военное обозрение. – 2017, №5. – С.51–61.
6. **Ласточкин Ю.И.** Роль и место радиоэлектронной борьбы в современных и будущих боевых действиях // Военная мысль. – 2015, № 12. – С.12–18.
7. **Радзиевский В.Г., Сирота А.А.** Теоретические основы радиоэлектронной разведки. – М.: Радиотехника, 2004. – 432 с.
8. **Разиньков С.Н., Сирота А.А.** Оценка эффективности первичной и вторичной обработки импульсных радиосигналов в системах пассивной радиолокации // Измерительная техника. – 2004, №2. – С.53–59.
9. **Макаренко С.И., Тимошенко А.В., Васильченко А.С.** Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. – 2020, №1. – С.109–146.
10. **Леньшин А.В., Тихомиров Н.М., Попов С.А.** Бортовые радиоэлектронные системы. – Воронеж: Научная книга, 2015. – 309 с.

## PROSPECTS OF STEALTHY UNMANNED RADIO COMPLEX USE IN THE INTEREST OF AIRSPACE RECONNAISSANCE AND CONTROL

A.L. Pereverzev, O.E. Razinkova, A.V. Tymoshenko

Based on the analysis of the tasks of reconnaissance and information support of aerospace defence a need to broaden the functions of reconnaissance and airspace control facilities through the use of radio complexes on unmanned aircraft is justified. The prospects of unmanned radio system use are connected with the analysis of the combat strength of enemy forces and the nature of their activities, the discovery of the fact of mass air threat take-off, as well as the detection and tracking of air targets based on the results of the reception and analysis of radiation from on-board electronic equipment.

The need to equip airspace reconnaissance and control systems with unmanned radio complexes is conditioned by the incomplete compliance of reconnaissance and information support of aerospace defence with modern requirements due to the lack of an automated reconnaissance system designed in accordance with the principles of integrated processing of heterogeneous data.

In order to achieve the completeness of reconnaissance and information support of aerospace defence, the immediate tasks of unmanned radio complexes can be combined into three groups:

- 1) airspace control with lines of information output at low, medium and high altitudes in areas of responsibility of aerospace defence forces (troops);

- 2) airspace control in areas of deployment, stationing or patrolling of aerial weapons of the enemy;
- 3) reconnaissance of ballistic and aerodynamic targets with timely issuance of co-ordinate & track and sign information about them to the systems of control and destruction of aerospace defence.

The principles of the construction and use of reconnaissance means as well as the levels of radar visibility of their carriers are defined in order to achieve combat stability of the process of obtaining data on the enemy's high-precision weapon control and guidance systems. It is shown that the creation of stealth complexes requires giving their bodies shapes with low reflection coefficients by eliminating two- and trihedral structures with right angles at vertices and by reducing the number of external equipment items, as well as by applying radio-absorbing materials, frequency-polarization selective and controlled coatings on the surface.

Due to the low visibility of radio-technical systems, it becomes possible to conduct reconnaissance of electronic objects when patrolling enemy territory in opposition zones of anti-aircraft missile systems and fighter aircraft.

**Поступила 27 августа 2020 года.**

---

# ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

---

УДК 621.396

## ПОСТРОЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

© Авторы, 2020

*Г.П. Бендерский доктор технических наук, профессор,  
Генеральный директор, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва*

*Я.И. Малашко доктор технических наук, доцент,  
советник генерального конструктора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва  
E-mail: info@raspletin.com*

---

*Проведено обоснование логической взаимосвязи структурных элементов диссертации, обладающей законченностью и внутренним единством. Впервые предложена графическая логическая взаимосвязь структурных элементов диссертации.*

*Статья написана в форме обсуждения «почему так, а не иначе», что способствует лучшему пониманию и правильному написанию соискателями научных степеней соответствующих разделов диссертаций.*

**Ключевые слова:** диссертация, исследование, структурные элементы, графико-логическая схема взаимосвязи.

---

*A logical interdependence between structural elements of a thesis, which are characterised by finality and cohesion, has been studied. For the first time a graphic logical interdependence between structural elements of a thesis has been proposed.*

*The article has a «why-this-way-and-not-another» discussion format, which contributes to better understanding on the part of academic degree pursuers and helps write corresponding sections of a thesis in a proper way.*

**Keywords:** thesis, research, structural elements, graphic-logical interdependence diagram.

---

Подготовка специалистов высшей квалификации является одной из важнейших задач государства и регламентируется Федеральным законом [1].

Присоединение России в 2003 году к Болонскому процессу означало, что высшее образование будет двухступенчатым, а выпускные квалификационные работы бакалавров и магистров будут выполняться в виде диссертаций.

Число бакалавров, выпускаемых в России ежегодно, превышает полмиллиона, а вместе с магистрами – около миллиона.

Это на два порядка больше, чем число защит на соискание учёных степеней в России, по данным ВАК.

Конечно же, оформление диссертаций на соискание учёных степеней регламентируется более жёсткими требованиями соответствующих нормативных документов. Но в трёх указанных случаях есть сов-

падающие требования, так как в трёх случаях защищаются диссертации. Следовательно, учебно-методические рекомендации должны охватывать все три ступени ... повышения квалификации.

В настоящей статье, предлагаемой в качестве научно-методического пособия для соискателей учёных степеней по техническим наукам, проведён аналитический обзор наиболее часто встречающихся ошибок, имеющих место при написании диссертаций и авторефератов, в особенности её обязательных разделов. Анализ проведён на основании более чем десятилетнего опыта успешной работы двух диссертационных советов по техническим наукам и трём специальностям в каждом из них.

Материалом для анализа являлись, с одной стороны, «не сшитые» диссертации, которые проходили доВАКовскую процедуру на двух кафедрах ПАО «НПО «Алмаз», а также диссертации, прошедшие защиту. Сотрудниками кафедр являлись отдельные члены обоих диссертационных советов, некоторые из них являются руководителями и членами экспертных советов ВАК.

Предлагается графико-логическая структура диссертаций, обладающих внутренним единством, которая не противоречит Федеральному закону «О науке и государственной научно-технической политике» [1], «Положению о присуждении учёных степеней...» [2, 3], Номенклатуре и Паспортам специальностей [4], «Положению о совете...» [5] и требованиям ГОСТа [6].

## ЛИТЕРАТУРА

1. «О науке и государственной научно-технической политике». Федеральный закон от 23.08.1996 №127-ФЗ (в ред. от 21.07.2011 № 254-ФЗ).
2. «Положение о присуждении учёных степеней», утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в ред. от 01.10.2018).
3. «Положение о присуждении учёных степеней лицам, использующим в своих работах сведения, составляющие государственную тайну», утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 17.03.2015 №235 (в ред. от 01.10.2018).
4. «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени». Приказ Минобрнауки России от 23.10.2017 №1027 (с изменениями, внесёнными приказом Минобрнауки России от 23.03.2018 №209).
5. «Положение о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук», (утверждено приказом Минобрнауки России от 10.11.2017 №1093).
6. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». – М.: Стандарт-информ, 2012. – С.11.
7. **Аристер Н.И., Резник С.Д.** Управление диссертационным советом / под общей ред. чл.-корр. РАН Ф.И. Шахмалова. – М.: ИНФРА-М, 2009.
8. **Шахрай С.М., Аристер Н.И., Тедеев А.А.** О плагиате в диссертациях на соискание учёной степени (научно-методическое пособие). – М.: АНО «МИИ», 2015.
9. Философия. Энциклопедический словарь / под ред. А.А. Ивника. – М.: Гардарики, 2004.
10. Методологические основы научной работы и принципы диссертационного исследования / под ред. П.А. Созинова. – М.: Радиотехника, 2018.
11. **Винник Д.В.** «Эпистемический испугитель». Свод приёмов легитимизации бессмысленности // Философия науки. – 2016, электронная редакция.
12. **Винник Д.В.** Объект-предметная казуистика и другие формы диссертационной схоластики // Философия науки. – 2017, 1(72). – С. 132 (электронный ресурс).
13. **Винник Д.В.** Как мучают диссертантов. – URL: <https://www.Indicator.ru/>; <https://okl.it/bR75>.
14. **Долгов А.И.** Подготовка и написание диссертации: методические указания. – Ростов, 2017. – 176 с.
15. Вестник ВАК при Минобрнауки России. – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 2019, №3(21).
16. **Борель Э.** Вероятность и достоверность. – М.: Физматлит, 1961.
17. **Борель Э., Дейтейль Р., Юрон Р.** Вероятности, ошибки. – М.: Изд. Статистика, 1972. – 176 с.

## STRUCTURING THESIS IN PURSUIT OF ACADEMIC DEGREE (IN TECHNICAL SCIENCES)

G.P. Benderskiy, Y.I. Malashko

A logical interdependence between structural elements of a thesis, which are characterised by finality and cohesion, has been studied. For the first time a graphic logical interdependence between structural elements of a thesis has been proposed.

The article has a «why-this-way-and-not-another» discussion format, which contributes to better understanding on the part of academic degree pursuers and helps write corresponding sections of a thesis in a proper way.

Поступила 20 октября 2020 года.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ОТРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИИ

© Авторы, 2020

**И.В. Богданов**

инженер-конструктор 1 категории, АО «КБточмаш имени А.Э. Нудельмана», г. Москва  
E-mail: bogdanov\_iv@icloud.com

**А.Н. Величко**

начальник сектора, АО «КБточмаш имени А.Э. Нудельмана», г. Москва

**А.В. Степовой** кандидат технических наук,

первый зам. начальника КПК, АО «КБточмаш имени А.Э. Нудельмана», г. Москва

**А.В. Цапцов** кандидат технических наук,

зам. начальника отдела, АО «КБточмаш имени А.Э. Нудельмана», г. Москва

В статье представлено описание стенда моделирования фоноцелевой обстановки (ФЦО) для лабораторной отработки алгоритмов спектральной селекции оптико-электронных приборов (ОЭП) космического назначения, основанной на измерении отношений энергетической яркости наблюдаемых объектов в различных спектральных диапазонах. Стенд позволяет минимизировать влияние фонового излучения на сигнатуры имитируемых объектов за счёт формирования независимых потоков излучения от имитаторов объектов и низкотемпературного фона. Отсутствие линзовых элементов в оптической схеме стенда позволяет проводить работу в широком спектральном диапазоне.

**Ключевые слова:** оптико-электронные приборы, фоноцелевая обстановка, спектральная селекция, инфракрасные имитаторы, стенд, модель чёрного тела, измерения.

The article describes a background and target situation simulator used for the refinement of laboratory spectral selection algorithm for space electrooptical devices based on the measurement of radiance ratios for observed objects in various spectral ranges. The simulator makes it possible to minimise the impact of background radiation on the signatures of imitated objects by means of the formation of independent radiation sources from object imitators and low-temperature background. The absence of lens elements in the optic diagram of the simulator enables it to operate in a wide spectral range.

**Keywords:** electrooptical devices, background and target situation, spectral selection, infrared imitators, simulator, black body, measurement.

Рассмотрена схема устройства стенда моделирования ФЦО для лабораторной отработки алгоритмов спектральной селекции ОЭП. Приведён порядок определения геометрооптических характеристик стенда в зависимости от параметров испытуемого ОЭП. Показаны результаты математического и физического моделирования ФЦО.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г.** Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приёмниками излучения. – М.: Университетская книга: Логос, 2007. – 192 с.
2. **Иванов В.П., Овсянников В.А., Филиппов В.Л.** Моделирование и оценка современных тепловизионных приборов. – Казань: Изд-во «Отечество», 2006. – 594 с.
3. **Степовой А.В., Цапцов А.В.** Применение технологий полунатурного моделирования в разработке ракетно-космической техники // Оборонная техника. – 2019, Т.5-6. – С.58–62.
4. **Голубь Б.И., Пахомов И.И., Хорохов А.М.** Собственное излучение элементов оптических систем оптико-электронных приборов. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
5. **Правдивцев В.А.** Разработка методов уменьшения фоновой облучённости для повышения эффективности ИК пеленгаторов: диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук: 01.04.05. – Москва, 2019.
6. **Богданов И.В., Величко А.Н., Степовой А.В.** Имитатор фоно-целевой обстановки для отработки алгоритмов спектральной селекции // Оборонная техника. – 2019, Выпуск №5-6. – С.58–63.
7. **Вангонен А.И., Голубовский Ю.М., Коваленко М.Н., Стариченкова В.Д., Таганов О.К.** Тепловые излучатели систем освещения и калибровки спектральной и оптико-электронной аппаратуры инфракрасного диапазона // Оптический журнал. – 2019, Т.86, №1. – С.60–67.

## ***THE DEVICE FOR LABORATORY WORKING OFF OF ALGORITHMS OF SPECTRAL SELECTION***

**I.V. Bogdanov, A.N. Velichko, A.V. Stepovoy, A.V. Tsaptsov**

The diagram of a background and target situation simulator for the refinement of laboratory spectral selection algorithms for electrooptical devices is considered. The order of the determination of geometrical and optical characteristics of the simulator depending on the parameters of tested electrooptical devices is given. The results of the mathematical and physical modelling of a background and target situation are presented.

**Поступила 27 июля 2020 года.**

УДК 621.635:621.5:621.37

## МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ СОВРЕМЕННЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ РЛС

© Авторы, 2020

**А.В. Варгасов**

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

E-mail: info@raspletin.com

**П.А. Кощев**

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

**Д.Н. Репнев** кандидат технических наук,  
инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

---

*В статье рассматриваются вопросы выбора, а также математического моделирования системы обеспечения тепловых режимов при разработке и проектировании герметичных малогабаритных РЛС в условиях эксплуатации при повышенной температуре окружающей среды. Проведён сравнительный анализ систем обеспечения тепловых режимов и обоснован выбор системы с применением тепловых труб (ТТ). Обозначена широта применения ТТ для охлаждения теплонагруженных РЭА. Представлены основные расчёты и экспериментальные данные системы обеспечения тепловых режимов современных герметичных малогабаритных РЛС.*

**Ключевые слова:** система обеспечения тепловых режимов работы РЛС, система автоматизированного проектирования, высокая надёжность, теплотехнический расчёт, тепловые трубы, испаритель, конденсатор, вентилятор, радиатор.

*The article deals with the selection and mathematical modeling of the system for providing thermal modes in the development and design of sealed small-size radars in operating conditions at high ambient temperature. A comparative analysis of systems for providing thermal modes and justified the choice of a system with the use of heat pipes. Indicated the breadth of application of heat pipes to cool the heat-loaded electronic equipment. The main calculations and experimental data of the system for providing thermal conditions of modern sealed small-sized radars presented.*

**Keywords:** system for providing thermal modes of radar operation, computer-aided design system, high reliability, heat engineering calculation, heat pipes, evaporator, condenser, fan, radiator.

---

В статье рассматриваются вопросы выбора, а также математического моделирования системы обеспечения тепловых режимов при разработке и проектировании герметичных малогабаритных РЛС в условиях эксплуатации при повышенной температуре окружающей среды. Проведен сравнительный анализ систем обеспечения тепловых режимов и обоснован выбор системы с применением тепловых труб (ТТ). Обозначена широта применения ТТ для охлаждения теплонагруженных РЭА. Представлена техническая реализация системы обеспечения тепловых режимов основных элементов малогабаритных РЛС с компоновкой высокой плотности. Отмечено, что физически ТТ являются многокомпонентными системами, что накладывает определённые требования для проведения корректных теплотехнических расчетов с помощью компьютерного моделирования. Выявлены сложности проведения подобных расчетов большинством современных САПР. Установлено, что при проведении подобных расчетов неизбежно возникает проблема больших временных затрат, а также необходимость наличия большого количества системных ресурсов. В статье рассмотрена возможность применения принципа эквивалентного перехода при проведении теплотехнических расчетов ТТ. Создан упрощенный макет системы обеспечения тепловых режимов с применением ТТ. Представлены основные расчеты и экспериментальные данные системы обеспечения тепловых режимов современных герметичных малогабаритных РЛС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования / под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Изд. Сов. Радио, 1980. – 480 с.
2. Гиль В.В., Десюкевич И.С., Мелещенко Б.А. и др. Тепловая труба с продольными капиллярными каналами. Тепло- и массообмен криогенных жидкостей в пористых теплообменниках. – Минск, ИТМО АН БССР, 1974. – С.103–109.
3. Варгасов А.В., Кощеев П.А. Методы обеспечения тепловых режимов современных герметичных малогабаритных РЛС // Сборник научных статей XVIII МНК по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения. – Минск, 2019 «Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь». – 10 с.
4. Репнев Д.Н., Репнева А.И. Системный подход при расчёте теплового режима устройств со сложной структурой // Сборник трудов конференции Минцевские чтения. – 2015. – С.61–70.
5. Кощеев П.А., Варгасов А.В. Опыт моделирования и анализ тепловых режимов РЭА кабины транспортного средства на шасси МЗКТ средствами САПР // Сборник научных статей XVIII МНК по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения. – Минск, 2019, «Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь». – 28 с.

## **METHOD OF MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL CONDITIONS MODERN SEALED SMALL-SIZED RADAR STATIONS**

**A.V. Vargasov, P.A. Kosheev, D.N. Repnev**

The article deals with the selection and mathematical modeling of the system for providing thermal modes in the development and design of sealed small-size radars in operating conditions at high ambient temperature. A comparative analysis of systems for providing thermal modes and justified the choice of a system with the use of heat pipes (TT). Indicated the breadth of application of TT to cool the heat-loaded electronic equipment. The technical implementation of the system for providing thermal conditions for the main elements of small-sized radars with a high-density layout is presented. It is noted that physically TT are multicomponent systems, which imposes certain requirements for correct thermal calculations using computer modeling. The difficulties of performing such calculations by the majority of modern CAD systems are revealed. It is established that when performing such calculations, the problem of large time expenditures inevitably arises, as well as the need for a large number of system resources. The article considers the possibility of applying the principle of equivalent transition during thermal engineering calculations of TT. A simplified layout of the system for providing thermal modes with the use of TT was created. The main calculations and experimental data of the system for providing thermal conditions of modern sealed small-sized radars presented.

**Поступила 1 октября 2020 года.**

УДК 621.396.664

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОЙ ПРИЁМНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ ДЛЯ ФАЗИРОВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНОГО ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

© Авторы, 2020

**А.И. Даниленко** доктор технических наук,  
зам. начальника НТЦ по перспективным комплексам и системам, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва  
E-mail: info@raspletin.com  
**С.А. Урюпин**  
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

---

*В данной статье рассмотрена схема калибровки и фазирования многоканальной цифровой антенной решётки. Статья содержит теоретические выкладки, описывающие принципы и алгоритмы измерения относительных коэффициентов передачи приёмных каналов на основе корреляционной матрицы, измерения относительных коэффициентов передачи трактов схемы калибровки, а также алгоритм фазирования многоканального передающего устройства.*

**Ключевые слова:** калибровка, схема калибровки, коэффициент передачи, фазирование передающего устройства, блок ввода контрольного сигнала.

---

*This piece discusses the calibration and phasing pattern for a multichannel digital antenna array. The article contains theoretical calculations describing the principles and algorithms for measuring the relative transmission coefficients of receiving channels based on a correlation matrix, relative calibration pattern path transmission coefficients, as well as a multichannel transmitter phasing algorithm.*

**Keywords:** calibration, calibration pattern, transmission coefficient, transmitter phasing, pilot signal input unit.

---

В статье изложены теоретические выкладки, описывающие принципы и алгоритмы измерения относительных коэффициентов передачи приемных каналов на основе корреляционной матрицы, приведены измерения относительных коэффициентов передачи трактов схемы калибровки, а также алгоритм фазирования многоканального передающего устройства. Предложена новая схема калибровки и фазирования многоканальной цифровой антенной решетки. Отмечено, что в случае разработки многоканальных устройств приёма и передачи всегда возникает вопрос об измерении коэффициентов передачи этих каналов с целью последующего учета их значений в работе устройств в целом для исключения ошибок, связанных с их незнанием.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Морские комплексы и системы ПВО-ПРО // Сборник докладов НТК 80-летию со дня образования ОАО «МНИИРЭ «Альтаир». – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2013. – 336 с.
2. Справочник по радиолокации. Пер. с англ. / под общей редакцией В.С. Вербы. Книга 2 / под ред. М. Скольника. – М.: Техносфера, 2014.

# ***USING RESULTS OF DIGITAL RECEIVING ANTENNA ARRAY TRANSMISSION COEFFICIENT CALIBRATION FOR MULTICHANNEL TRANSMITTER PHASING***

**A.I. Danilenko, S.A. Uryupin**

The article shares theoretical calculations that describe the principles and algorithms of relative receiving channel transmission coefficient measurement based on a correlation matrix, provides relative calibration pattern path transmission coefficient computations, as well as a multichannel transmitter phasing algorithm.

It also proposes a new pattern of multichannel digital antenna array calibration and phasing. It is noted that, when multichannel receiving and transmitting devices are being developed, there is always an issue of measuring transmission coefficients for these channels in order to subsequently consider their values during the general operation of these devices with the aim of eliminating errors caused by being unaware of them.

**Поступила 2 октября 2020 года.**

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАКТА СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

© Авторы, 2020

**А.Д. Дризе**

инженер, АО «Сатис-ТЛ-94», г. Москва  
E-mail: temadrize@gmail.com

**К.Н. Климов** доктор технических наук,  
профессор кафедры, МАИ, г. Москва

Приведены результаты электродинамического моделирования элементов 4-портового СВЧ тракта диапазонов частот приема 11.7–12.75 ГГц и передачи 17.3–18.4 ГГц, работающего на круговой поляризации. Рассмотрены следующие элементы тракта: облучатель, поляризатор, 5-портовый селектор поляризации и частотный диплексер. В рабочих диапазонах частот КСВ облучателя не более 1.2, поляризатора – не более 1.2, селектора – не более 1.3, коэффициент эллиптичности – не более 1.1, а селектор имеет уровень поляризационной развязки не более 60 дБ. В полосах пропускания КСВ диплексера лежит ниже 1.2, а развязка между частотами приёма и передачи превышает 70 дБ. Приведены графики частотных характеристик.

**Ключевые слова:** спутниковая связь, частоты приёма, частоты передачи, электродинамическое моделирование, поляризационный селектор, частотный диплексер, СВЧ тракт.

The results of an electromagnetic simulation of the elements of a circularly-polarised 4-port microwave path within 11.7-12.75 GHz downlink and 17.3-18.4 GHz uplink frequency bands are presented. This article describes the following elements of the path: feed, polarizer, 5-port polarization selector and frequency diplexer. In operating frequency ranges, the VSWR of the feed does not exceed 1.2, the polarizer's stays below or equals 1.2, the selector's never reaches 1.3, the ellipticity coefficient is no more than 1.1, and the selector's maximum polarization isolation level is 60 dB. In passbands the diplexer's VSWR is below 1.2, while the isolation between the uplink and downlink frequencies exceeds 70 dB. Frequency response graphs are provided.

**Keywords:** satellite communication, downlink, uplink, electromagnetic simulation, orthomode transducer, polarization selector, frequency diplexer, antenna feed.

Представлены результаты электродинамического моделирования элементов 4-портового СВЧ-тракта с полосами рабочих частот приёма 11.7–12.75 ГГц и передачи 17.3–18.4 ГГц, работающих на круговой поляризации. В этой статье рассматриваются следующие элементы тракта: облучатель, поляризатор, 5-портовый селектор поляризации и частотный диплексер. Облучатель представляет собой корригированный рупор с согласующей ступенькой. Поляризатор выполнен на основе квадратного волновода с диафрагмами. Конструкция широкополосного селектора поляризации основана на турникетном переходе. Облучатель обеспечивает коэффициент усиления 10.8 дБ, при этом уровень КСВН не превышает 1.2. Коэффициент эллиптичности поляризатора составляет 1.08. Селектор обеспечивает очень низкий КСВН на выходах (ниже 1.15) с развязкой более 60 дБ. Частотный диплексер состоит из трех элементов. Первый – это предварительный частотный диплексер на основе тройника в плоскости E, в котором используются резонансные диафрагмы для развязки соответствующих частот с уровнем заглушения 20-25 дБ. Второй элемент – это фильтр нижних частот на короткозамкнутых шлейфах с емкостной диафрагмой для согласования. Он имеет КСВН ниже 1.1 и изоляцию выше 65 дБ. Третий элемент – фильтр верхних частот на основе заградительного волновода. Уровень КСВ обеспечен ниже 1.1, а уровень развязки выше 50 дБ. Эти элементы были объединены с использованием настраиваемых прямоугольных участков волновода, чтобы избежать синфазных пиков в соответствующих полосах. Окончательная конструкция частотно-го диплексера имеет КСВ ниже 1.2 и уровни развязки ниже -70 дБ в обеих полосах заграждения, что соответствует требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Thuraya FT2225 fixed applications M2M communications terminal* URL: [https://www.thuraya.com/sites/default/files/FT2225\\_12042016.pdf](https://www.thuraya.com/sites/default/files/FT2225_12042016.pdf) (Дата обращения 27.08.2020).
2. *Iridium NEXT Engineering Statement* URL: <https://fcc.report/IBFS/SAT-MOD-20131227-00148/1031348.pdf> (Дата обращения 01.05.2020).
3. **Sestroretsky B.V., Drize M.A., Ivanov S.A., Klimov K.N.** *Tracts of Ku and C band antennas for perspective communication satellite: Proceedings of ICATT'99 – III International Conference on Antenna Theory and Techniques – Sevastopol, Ukraine.*
4. **Климов К., Гежа Д., Фирсов-Шибяев Д.** Практическое применение электродинамического моделирования. – *Lambert Academic Publishing*, 2012.
5. *Frequencies Used in Satellite Communications.* – URL: <https://www.inetdaemon.com/tutorials/telecom/satellite/frequencies.shtml> (Дата обращения 27.08.2020).
6. Триколор ТВ частоты каналов. – URL: <https://old.telesputnik.ru/ft/pid.php?cid1=196> (Дата обращения 27.08.2020).
7. **Барканов Н.А., Бердичевский Б.Е., Верхопятницкий П.Д. и др.** Справочник конструктора РЭА: Компоненты, механизмы, надёжность / под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с., ил.
8. *General Dynamics Satcom Technologies Ku-band 4-port diplexer linear polarized.* – URL: <https://gdmissionsystems.com/-/media/General-Dynamics/Satcom/PDF/RF-Products/Ku-Band/111185-01-Rev-G.ashx?la=en&hash=1E0D9FF81F0FCA69398726C71B90F09A2380603> (Дата обращения 27.08.2020).
9. *General Dynamics Satcom Technologies Ku-band 2-port diplexer circular polarized.* – URL: <https://gdmissionsystems.com/-/media/General-Dynamics/Satcom/PDF/RF-Products/Ku-Band/113947-06-Rev-ashx?la=en&hash=124627471B740215827BE9A42AD61A0EF0BE78E5> (Дата обращения 27.08.2020).
10. *SMT OMT Ku.* – URL: <https://www.smw.se/wp-content/uploads/2014/07/omt-ku-ver2.pdf> (Дата обращения 27.08.2020).
11. **Pramendra K. Verma and Raj Kumar.** *Realization of Ku-Band Ortho Mode Transducer with High Port to Port Isolation* *Progress In Electromagnetics Research Letters.* – 2018, Vol. 74. – P.111–115.
12. **Alessandro Navarrini, Richard L. Plambeck, and Daning Chow.** *A Turnstile Junction Waveguide Orthomode Transducer for the 1 mm Band.* – 16<sup>th</sup> *International Symposium on Space Terahertz Technology.*
13. **Zhang P, Qi J, Qiu J.** *Wideband turnstile junction coaxial waveguide orthomode transducer.* *Int J RF Microw Comput Aided Eng.* – 2017.
14. *CST Microwave Studio.* – URL: <https://www.cst.com/products/cstmws> (Дата обращения 27.08.2020).
15. *ANSYS HFSS.* – URL: <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-hfss> (Дата обращения 27.08.2020).
16. **Tucholke U., Arndt F.** *Field theory design of square waveguide iris polarizers,* *IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-34.* – 1986, Jan, №1. – P.156–159.
17. *Prodelin 1.8M and 2.4M C-band Circular polarized feed (Online).* – URL: <https://gdmissionsystems.com/-/media/General-Dynamics/Satcom/PDF/Antennas/VSAT-Products/Technical-Documentation/Feed-Information/18-24-C-Band-Circular-Polarized-Feed.ashx?la=en&hash=251B17205C29AB81D76E1EA500198F9BE2E5E947> (Available).
18. **Klimov K., Kustov V., Shlepnev Y.** *90-db diplexers for satellite communication systems* *Proceedings of the conference General Assembly URSI.* – 1995.

## ELECTROMAGNETIC SIMULATION OF SATELLITE COMMUNICATION STATION PATH ELEMENTS

A.D. Drize, K.N. Klimov

The results of an electromagnetic simulation of the elements of a circularly-polarised 4-port microwave path within 11.7-12.75 GHz downlink and 17.3-18.4 GHz uplink frequency bands are presented. This article describes the following elements of the path: feed, polarizer, 5-port polarization selector and frequency diplexer. The feed is a corrected horn with a matching step. The polarizer is designed on the basis of a square waveguide with irises. The design of the broadband selector is based on a turnstile transducer. The feed provides a gain of 10.8 dB while the VSWR level does not exceed 1.2. The polarizer ellipticity coefficient is 1.08. The selector provides a very low VSWR at its outlets (below 1.15) with an isolation of more than 60 dB. The frequency diplexer consists of three elements. The first is a preliminary frequency diplexer based on a tee in the E plane, which uses resonant irises to isolate the corresponding frequencies with an attenuation level of 20-25 dB. The second element is a low-pass filter based on short-circuited stubs with capacitive irises for matching. It has a VSWR of no more than 1.1 and an isolation above 65 dB. The third element is a high-pass filter based on an evanescent waveguide. The VSWR level is made sure to be below 1.1, and the isolation level is above 50 dB. These elements were combined using custom rectangular waveguide sections to avoid common-mode peaks in the respective bands. The final design of the frequency diplexer has a VSWR below 1.2 and isolation levels below -70 dB in both stopbands, which meets the requirements.

Поступила 21 сентября 2020 года.

УДК 631.396, 623.76

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОЛНОТЫ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

© Авторы, 2020

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

---

Статья посвящена разработке новых прикладных теорий, составляющих основу разработки инновационных технологий обработки измерительной информации, полученной в условиях помех. Она ориентирована на разработку теоретических основ, позволяющих оценить полноту и достоверность измерительной информации в условиях её искажений. Полученные результаты позволяют разработать прикладные математические методы, позволяющие учесть при передаче и обработке измерительной информации её специфические особенности. В их числе представление данных образами-остатками, позволяющее обнаруживать и исправлять ошибки измерений, вызванные передачей измерительной информации по каналам с помехами.

**Ключевые слова:** помеха, зашумлённый канал, телеметрия, представление данных образами-остатками, экономное помехоустойчивое кодирование, бюджет радиоканала, вычислительные особенности систем обработки измерительной информации.

*The article is devoted to the development of new applied theories that form the basis for the development of innovative technologies for processing measurement information obtained under interference conditions. It focuses on the development of theoretical foundations to assess the completeness and reliability of measurement information in terms of its distortion. The results make it possible to develop applied mathematical methods that allow for the consideration of measurement information specific features when transmitting and processing it. This includes the representation of data as images by leftovers, which enables us to detect and correct measurement errors caused by the transmission of measurement information over noisy channels.*

**Keywords:** interference, noisy channel, telemetry, representation of data by leftovers, economical noise-resistant coding, radio channel budget, computational features of measurement information processing systems.

---

Статья посвящена проблеме повышения эффективности передачи и обработки измерительной информации. Показано, что она не может быть решена на основе использования традиционных методов представления данных, сигналов и структурно-кодовых конструкций. В сложившихся условиях достижение принципиально новых результатов связано, прежде всего, с разработкой новых прикладных теорий, обеспечивающих возможность привлечения к решению проблемных вопросов развития систем измерений, передачи, сбора и обработки конструктивных математических теорий передачи информации и обработки данных. На основе выполненного теоретического обоснования, относящегося к оцениванию полноты и достоверности полученной измерительной информации, разработан ряд прикладных математических теорий, составляющих основу научно-методического обеспечения совершенствования существующего полигонного измерительного комплекса (ПИК). Определена необходимость привлечения новых резервов, основу которых составляет расширенное использование при передаче и обработке информации нетрадиционного представления данных в системе остаточных классов (СОК).

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Титов О.А.** Математические методы обработки наблюдений: Учебное пособие. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т, 2001. – 34 с.
2. **Боровков А.А.** Математическая статистика: оценка параметров, проверка гипотез. – М.: Наука, 1984. – 472 с.
3. **Кузнецов В.И.** Статистическая идентификация. Адаптивная фильтрация. – Промышленные АСУ и контроллеры, 2014, № 7. – С.20–27.
4. **Кузнецов В.И.** Статистическая идентификация. Компенсация динамической погрешности фильтрации. – Промышленные АСУ и контроллеры, 2014, № 11. – С.28–31.
5. **Светлов Г.В., Кукушкин С.С.** Методы представления и обработки информации, основанные на современных достижениях в области конструктивной теории конечных полей // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2020, Выпуск №3(27). – С.81–85.

## ***THEORETICAL BASIS FOR EVALUATING COMPLETENESS AND RELIABILITY OF RECEIVED MEASUREMENT INFORMATION***

**G.V. Svetlov, S.S. Kukuschkin**

The article is devoted to the problem of improving the efficiency of measurement information transmission and processing. It demonstrates that there cannot be an acceptable solution based on the use of conventional methods of data representation, signals, and structural-code constructions. Under the current conditions, the achievement of fundamentally new results is primarily associated with the formulation of new applied theories that provide the opportunity to involve constructive mathematical theories on information exchange and data processing in solving relevant issues of measurement, transmission, collection and processing system development. A number of applied mathematical theories that form the basis of scientific and methodological support for improving the existing polygon measuring complex have been developed on the basis of theoretical justification related to the assessment of the completeness and reliability of received measurement information. A need to think outside the box is stated, and the potential of this approach is grounded in the expanded use of non-traditional data representation in the system of residual classes during the transmission and processing of information.

**Поступила 23 сентября 2020 года.**

---

# ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

УДК 621.396.6.004

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ

© Авторы, 2020

**К.З. Билятдинов** кандидат военных наук, доцент,  
доцент, ФГАОУ ВО «НИУ ИТМО», г. Санкт-Петербург  
E-mail: k74b@mail.ru

**В.В. Меняйло** кандидат филологических наук,  
доцент, НИУ «ВШЭ», г. Санкт-Петербург  
E-mail: menyaylo917@mail.ru

---

*Представленная методика оценки вероятности своевременного достижения цели функционирования системы основана на рациональном использовании интегрального уравнения Вольтерра второго рода второго порядка, что на практике позволяет учитывать различные условия функционирования систем военного назначения. При этом рассматриваемая методика предполагает рациональное использование информации, полученной в процессе эксплуатации систем военного назначения. Для этой цели создана программа для ЭВМ «Расчёт вероятности своевременного достижения цели функционирования системы в неблагоприятных условиях в зависимости от времени принятия и доведения управленческих решений в информационном цикле управления». Приведены схема разработки и применения методик, базовые формулы и условия практического применения.*

**Ключевые слова:** алгоритм, методика, оценка, время, вероятность, система, качество, цель, управление, эксплуатация, эффективность.

*The article presents a timely system functioning goal achievement probability assessment methodology based on the Volterra integral equation of the second kind, which makes it possible to take into account various conditions of military system functioning. This methodology implies efficient use of information received in the process of military system operation. For this purpose, a computer programme titled «Timely system functioning goal achievement probability calculation in unfavorable conditions depending on the time of making and implementing of managerial decisions in the information management cycle» has been created. The article describes how the methodology has been developed and applied, as well as its basic formulas and the conditions of its practical application.*

**Keywords:** algorithm, methodology, assessment, time, probability, quality, goal, management, operation, effectiveness, system.

---

В настоящее время одной из важнейших задач в сфере повышения эффективности управления эксплуатацией систем военного назначения (далее – систем) и принятия своевременных и обоснованных управленческих решений по поддержанию систем в готовности к применению является использование результатов расчетов количественных значений вероятностно-временных характеристик (далее – ВВХ), на основе информации, полученной в процессе эксплуатации этих систем.

Рациональным путём решения данной задачи является разработка и применение предлагаемой методики оценки вероятности своевременного достижения цели функционирования системы совместно с программой для ЭВМ «Расчет вероятности своевременного достижения цели функционирования систе-

мы в неблагоприятных условиях в зависимости от времени принятия и доведения управленческих решений в информационном цикле управления» (далее – Методика и программа для ЭВМ). Методика основана на научных работах Г.И. Азарова в области применения интегрального уравнения Вольтерра второго рода второго порядка при расчетах ВВХ системы связи.

Назначение Методики: расчет вероятности своевременного достижения цели функционирования системы в зависимости от времени безотказного функционирования системы, резервного времени и предельно возможного числа отказов (неисправностей) элементов в составе системы.

Разработанные Методика и программа для ЭВМ (реализующая данную Методику) могут быть использованы для обоснования управленческих решений при обеспечении оперативности управления в сфере устойчивости системы.

В программе для ЭВМ применяется язык программирования: C#.

Основной положительный эффект: существенное сокращение времени оценки вероятности достижения цели функционирования системы в неблагоприятных условиях, ясный физический смысл вводимых переменных и возможность анализа зависимости увеличения вероятности достижения цели системы при уменьшении времени принятия рациональных управленческих решений за счет применения Методики и программы для ЭВМ.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. **Азаров Г.И.** Теоретические основы анализа оперативности передачи информации в системах управления и связи: Монография // Академия ГПС МЧС РФ. – Москва, 2012. – 80 с.
2. **Билиатдинов К.З.** Расчёт вероятности своевременного достижения цели функционирования системы в неблагоприятных условиях в зависимости от времени принятия и доведения управленческих решений в информационном цикле управления // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2019661734, дата государственной регистрации 06.09.2019.
3. **Кузнецов Д.Ф.** Численное моделирование стохастических дифференциальных уравнений и стохастических интегралов. – СПб.: Наука, 1999. – 459 с.
4. **Лагутин М.Б.** Наглядная математическая статистика. – М.: П-центр, 2015. – 475 с.
5. **Пантелеев А.В.** Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2002. – 544 с.

# **SYSTEM FUNCTIONING GOAL ACHIEVEMENT PROBABILITY ASSESSMENT METHODOLOGY**

**K.Z. Biliatdinov, V.V. Menialo**

Nowadays one of the most significant tasks in the sphere of military system (hereinafter, system) operation management efficiency improvement and timely, logical managerial decision-making aimed at keeping systems in operational readiness is the use of the calculations of the values of probabilistic and temporal characteristics (hereinafter, PTC) based on data obtained in the process of system operation.

A logical way to achieve this task the creation and application of a timely system functioning goal achievement probability assessment methodology with the help of software called «Timely system functioning goal achievement probability calculation in unfavorable conditions depending on the time of making and implementing of managerial decisions in the information management cycle» (hereinafter, Methodology and Software). The Methodology has been developed based on the works of G.I. Azarov on the application of the Volterra integral equation of the second kind when calculating the PTC of communications systems.

Methodology Purpose: timely system functioning goal achievement probability assessment depending on its trouble-free performance time, buffer time and the maximum possible number of element failures (defects) within a system.

The developed Methodology and Software can be used to justify managerial decisions when ensuring management efficiency in the sphere of system stability.

Software uses the C# programming language.

The main positive effect: considerable decrease in the time of system functioning goal achievement probability assessment in unfavorable conditions, clear physical meaning of introduced variables, and the possibility to analyse the correlation between the increase in the system goal achievement probability and the decrease in the time spent on logical managerial decision-making thanks to the employment of Methodology and Software.

**Поступила 24 июля 2020 года.**

УДК 621.396

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ QR-КОДОВ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТВОРЧЕСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

© Автор, 2020

**А.А. Жиляев** доктор технических наук, профессор,  
зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва  
E-mail: info@raspletin.com

---

*Обосновывается целесообразность использования индивидуальных QR-кодов сотрудников предприятий при формировании творческих коллективов для разработки инновационных образцов техники на предприятиях оборонно-промышленного комплекса.*

**Ключевые слова:** инновации в области вооружений и военной техники, база данных по выпускаемым изделиям, индивидуальный QR-код сотрудника, специфика разработки, профессиональная квалификация, ротация сотрудников, автоматизированная подборка персонала.

*The value of using individual QR codes of enterprise employees in the formation of creative teams for the development of innovative models of equipment at military-industrial complex enterprises is justified.*

**Keywords:** innovations in field of weapons and military equipment, database of manufactured products at concern's enterprises, individual QR code of employee, development specifics, professional qualifications, employee rotation, automated recruitment.

---

Использование индивидуальных QR-кодов сотрудников предприятий позволяет оптимизировать состав творческого коллектива в зависимости от тематики ведущейся разработки и стадии ее проведения. Содержащиеся в индивидуальных QR-кодах сведения об уровне базового образования, повышения квалификации и прохождения дополнительного обучения, участия в НИОКР позволяют беспристрастно оценить квалификацию конкретного сотрудника, его навыки и опыт работы для привлечения к участию в формируемом коллективе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Рыжов Д.А., Зибров А.В., Петренко С.В. и др.** Современные направления принятия решений в разработке радиоэлектронных средств // Материалы докладов VIII МНТК «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией». – Воронеж: ВУНЦ ВВА ВВС им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2019. – С.334–342.
2. **Бутурлуцкая Н.А.** QR-коды как средства повышения мотивации обучения // Наука и перспективы. – 2016, №1. – С.13–18.

## USING INDIVIDUAL EMPLOYEE QR CODES IN THE FORMATION OF CREATIVE TEAMS

A.A. Zhiliaev

The use of individual QR codes of employees of enterprises makes it possible to optimize the creative team depending on the subject of ongoing development and the stage of its implementation. The information contained in individual QR codes about the level of basic education, advanced training and additional training as well as participation in R&D allows the employer to impartially assess the qualifications of a particular employee, their skills and work experience in order to recruit them to the team that is being formed.

Поступила 23 сентября 2020 года.

УДК 004.94

## ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ САПР

© Авторы, 2020

**А.П. Коновальчик** кандидат технических наук,  
зам. ген. конструктора по перспективным проектам, АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва  
E-mail: [konovalchik@almaz-antey.ru](mailto:konovalchik@almaz-antey.ru)

**М.Ю. Конопелькин**  
начальник отдела, АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва  
E-mail: [m.konopelkin@almaz-antey.ru](mailto:m.konopelkin@almaz-antey.ru)

**А.О. Щирый** кандидат технических наук,  
ведущий программист, АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва  
E-mail: [andreyschiriy@almaz-antey.ru](mailto:andreyschiriy@almaz-antey.ru)

**А.А. Арутюнян**  
старший инженер-конструктор, АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва  
E-mail: [andarutunyan@gmail.com](mailto:andarutunyan@gmail.com)

---

Статья посвящена этапам проектирования в разрабатываемой отечественной системе автоматизированного проектирования (САПР) радиолокационных станций (РЛС), комплексов и систем. Представлена концепция проектирования в САПР, включающая три уровня представления РЛС: системный, функциональный и структурно-конструктивный. Рассмотрен инструментарий САПР. Описан маршрут проектирования РЛС, состоящий из следующих основных этапов: этап предварительной оценки параметров РЛС, этап имитационного моделирования, этап технико-экономического анализа варианта РЛС, этап оптимизации. Показано, что основным результатом проектирования в САПР является множество вариантов РЛС, оптимальных по критерию вида «эффективность-стоимость».

**Ключевые слова:** система автоматизированного проектирования, радиолокационная станция, имитационное моделирование, моделирование боевых действий, дискретно-событийное моделирование, пошаговое моделирование.

*The article studies design stages of a domestically-developed computer-aided design (CAD) system for radars, complexes and systems. A CAD concept is presented, which includes three levels of radar presentation: systemic, functional and structural-constructive. A CAD toolkit is studied. A radar design flow is described, which consists of the following main stages: preliminary radar parameter estimation stage, simulation modelling stage, technical and economic radar modification analysis stage, and optimization stage. It is shown that the main result of CAD design is the variety of radar modifications that are optimal in terms of cost-effectiveness.*

**Keywords:** computer-aided design system, radar, simulation modelling, combat simulation, discrete-event simulation, step-by-step simulation.

---

Статья посвящена этапам проектирования в разрабатываемой отечественной системе автоматизированного проектирования (САПР) радиолокационных станций (РЛС), комплексов и систем. Отличительной особенностью разрабатываемой САПР является наличие возможностей оптимизации технических параметров РЛС по критерию вида «эффективность-стоимость» в условиях конкретных сценариев воздушно-космического нападения и обороны, что позволяет убедительно обосновать облик перспективных радиолокационных систем (комплексов, станций) во взаимосвязи с их целевым назначением.

В работе представлена концепция проектирования, включающая три уровня: системный, функциональный и структурно-конструктивный. Системный уровень включает в себя размещение РЛС, как объекта сценария моделирования, на картах местности, а также компонентов радиолокационных комплексов, целей и маршрутов их движения, источников помех с заданием их типов. На функциональном уровне РЛС представляется в виде набора функционально завершенных компонентов, позволяющих

проводить моделирование формирования, прохождения и обработки сигнала в РЛС (формирование сигнала, передатчик, антенна, среда распространения, приемник, диаграммообразование, ЦОС, ПОИ, ВОИ, ТОИ, управление режимами работы РЛС).

На структурно-конструктивном уровне производится создание (сборка) структуры РЛС из готовых конструктивных узлов (антенные решетки, приемо-передающие модули, генераторы, вычислители и т.п., также их составные части) – моделей реально существующих образцов, либо созданных моделей новых аппаратных компонентов РЛС. Маршрут проектирования РЛС в разрабатываемой САПР, состоит из следующих основных этапов. Сначала следует этап предварительной оценки параметров РЛС, требуемых для обеспечения заданных характеристик. На данном этапе модуль предварительной оценки параметров РЛС получает в качестве входных данных численные значения характеристик, которые должны быть обеспечены и вычисляет требуемые для этого значения параметров.

На этапе имитационного моделирования разработчик задает сценарий имитационного эксперимента: состав, размещение и типы РЛС, характеристики зондирующих сигналов и режим работы, состав, типы и траекторные характеристики целей, типы и размещение (параметры движения) источников помех, выделяет значимые критерии эффективности и запускает моделирование.

На основе анализа результатов эксперимента оценивается эффективность выполнения требований по реализации целевой функции моделируемой РЛС. Далее следует этап технико-экономического анализа варианта (решения) РЛС, где происходит ориентировочный расчет экономических показателей РЛС на основе структуры РЛС и с учетом значений технических параметров составных частей РЛС. В конце проводится этап оптимизации, на котором для каждого рационального варианта (решения) РЛС получают соответствующие значения показателей эффективности – по результатам этапа имитационного моделирования, и стоимости – по результатам этапа оценки стоимости.

Именно это множество и является основным результатом проектирования в САПР. Таким образом, разрабатываемая САПР предоставляет проектировщику инструмент формирования облика РЛС под заданные тактические требования и требования назначения с возможностью сравнения и выбора различных вариантов исполнения РЛС.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. **Коновальчик А.П., Конопелькин М.Ю., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Постановка задачи разработки и предварительная архитектура отечественной САПР РЛС полного сквозного цикла // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2017, № 20. – С.127–130.
2. **Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Концепция многоуровневого проектирования РЛС в разрабатываемой САПР РЛС полного сквозного цикла // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2017, Т.17, №4. – С.889–892.
3. **Коновальчик А.П., Конопелькин М.Ю., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Отечественная система автоматизированного проектирования радиолокационных систем, комплексов и станций с учетом средств воздушно-космического нападения // Научно-технические проблемы в космических исследованиях Земли. – 2018, Т.10, №1. – С.40–47.
4. **Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Функции имитации боевых действий в разрабатываемой отечественной САПР РЛС полного сквозного цикла // Вопросы радиоэлектроники. – 2018, №3. – С.30–34.
5. **Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Реализация имитационного моделирования в разрабатываемой отечественной САПР РЛС полного сквозного цикла // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2018, № 21. – С.290–293.
6. **Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Реализация редактора радиосцены на системном уровне проектирования в разрабатываемой отечественной САПР РЛС // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2018, Т.18, №3. – С.638–641.
7. **Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Обоснование облика перспективных радиолокационных станций посредством разрабатываемой отечественной системы автоматизированного проектирования // Научно-технические проблемы в космических исследованиях Земли. – 2019, Т.11, №1. – С.4–11.
8. **Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирый А.О.** Перспективы проектирования и совершенствования бортовых РЛС летательных аппаратов с применением разрабатываемой отечественной САПР // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2019, № 22. – С.67–72.

## **STAGES OF DESIGNING ADVANCED RADAR STATIONS IN A SPECIALIZED DOMESTIC CAD SYSTEM**

**A.P. Konovalchik, M.Y. Konopelkin, A.O. Schiryi, A.A. Arutyunyan**

The article studies design stages of a domestically-developed computer-aided design (CAD) system for radars, complexes and systems. A distinctive feature of the CAD system under development is the ability to optimize the technical parameters of a radar based on the cost-effectiveness criterion in the context of specific aerospace attack

and defence scenarios, which makes it possible to convincingly explain the exterior of advanced radars (complexes, stations) in relation to their intended purpose.

The paper presents a design concept that includes three levels: systemic, functional and structural-constructive. The systemic level includes the positioning of a radar as an object in a simulation scenario on terrain maps as well as that of radar system components, targets and their routes, and sources of interference with specification of their types. At the functional level the radar is represented as a set of functionally complete components that allow for simulating the shaping, transmission and processing of a signal in the radar (signal shaping, transmitter, antenna, transmission medium, receiver, beam formation, DSP, primary, secondary, and tertiary processing, radar operating mode control).

At the structural-constructive level the creation (assembly) of the radar structure is carried out from ready-made structural units (antenna arrays, transceiver modules, generators, processors, etc., as well as their component parts) – models of existing devices or created models of new radar hardware components.

The radar design flow in the developed CAD system consists of the following main stages. First, the stage of preliminary assessment of radar parameters required to ensure the specified characteristics. At this stage the preliminary radar parameter estimation module receives numerical values of characteristics that must be provided as input data and calculates the required parameter values. At the stage of simulation the developer chooses a scenario for a simulation experiment: the components, positioning and types of radars, sounding signal characteristics and the operating mode, number, types and trajectory characteristics of targets, the types and positioning (movement parameters) of interference sources; the developer also highlights significant performance criteria and begins the simulation.

Based on the analysis of experiment results, the efficiency of meeting the requirements for the implementation of the target function of the simulated radar is estimated. This is followed by the stage of the technical and economic analysis of a radar modification (solution) where an approximate calculation of the economic parameters of the radar based on its structure and taking into account the values of the technical parameters of the radar's constituent parts is performed. Finally, the stage of optimization takes place at which for each viable modification (solution) of the radar the corresponding values of performance (based on the results of the simulation stage) and cost (based on the results of the cost estimation stage) parameters are obtained. It is precisely such wide variety that is the main result of CAD design. Thus, the developed CAD system provides the designer with a tool to shape the exterior of a radar meeting the given tactical and purpose requirements with a possibility to compare and choose different modifications of the radar.

**Поступила 15 сентября 2020 года.**

---

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

---

УДК 623.764

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭШЕЛОНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ КОНТИНЕНТЕ

© Авторы, 2020

**В.И. Колесниченко** доктор технических наук, профессор,  
помощник зам. генерального конструктора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

**С.В. Голубчиков** кандидат технических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва  
E-mail: info@raspletin.com

**М.В. Жестев** кандидат технических наук,  
зам. начальника ИТЦ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

**С.В. Аксёнов** доктор военных наук, профессор,  
начальник кафедры, ВА РВСН им. Петра Великого, г. Балашиха, Московская обл.

**В.К. Новиков** кандидат военных наук, доцент,  
доцент, ВА РВСН им. Петра Великого, г. Балашиха, Московская обл.

---

*Рассматриваются вопросы назначения, состава, современного состояния и перспектив развития глобальной эшелонированной противоракетной обороны США на европейском континенте. Раскрываются планы США по переносу центра тяжести работ по дальнейшему наращиванию своего противоракетного потенциала в Европу. В основу архитектуры европейской ПРО будут положены системы ПРО AEGIS и AEGIS ASHORE. После корректировки планов на создание европейской ПРО отводится 11 лет – с 2011 по 2022 годы.*

**Ключевые слова:** противоракетная оборона, боевой ракетный комплекс, ракета-перехватчик, радиолокационная станция.

---

*The article tackles the issues of the purpose, components, modern state, and prospects of the development by the USA of a global layered air defence system in Europe. It describes the plans of the USA to make Europe the centre of their efforts to increase their air defence potential. The basis of the European ADS are going to be AEGIS and AEGIS ASHORE systems. After the plans for its development have been reworked, the time accolated for this project is now 11 years – from 2011 to 2022.*

**Keywords:** air defence, military missile complex, interceptor missile, radar.

---

В настоящее время США создают и реализуют глобальную эшелонированную противоракетную оборону, развёртывание которой происходит в США, Индо-Тихоокеанском регионе, на Европейском континенте.

---

В статье рассматривается современное состояние и перспективы развития ЕвроПРО, в основу которой будет заложен комплекс AEGIS морского и наземного базирования.

В соответствии с концепцией ЕвроПРО в построении верхнего эшелона перехвата участвуют противоракетные комплексы THAAD, корабли, оснащённые системой ПРО AEGIS с противоракетами SM-3 и наземные комплексы ПРО AEGIS ASHORE. Нижний эшелон перехвата обеспечат зенитные ракетные комплексы Patriot PAC-3 и перспективный ЗРК MEADS.

На создание европейской ПРО в рамках реализации поэтапной адаптивной программы развёртывания ПРО в Европе ЕРАА (European Phased Adaptive Approach) после корректировки планов отводится 11 лет – с 2011 по 2022 годы, когда будет введён в строй наземный компонент региональной европейской системы ПРО AEGIS ASHORE в Польше.

Участие США в создании ПРО на европейском континенте представляет непосредственную угрозу национальной безопасности Российской Федерации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия национальной безопасности NSS (National Security Strategy), 18.12.2017.
2. *Missile Defense Review 2019*, Office of Secretary of Defense, available at. – URL: <https://media.defense.gov/2019/Jan/17/2002080666/-1/1/2019-MISSILE-DEFENSE-REVIEW.PDF> (Дата обращения 18.01.2019).
3. **Васильев В.А., Голубчиков С.В., Новиков В.К.** Основы противодействия перспективным системам противоракетной обороны противника. – М.: РВСН, 2000. – 348 с.
4. *News release «Sweden – Patriot Configuration-3+ Modernized Fire Units»*, Defense Security Cooperation Agency. – February 20, 2018.
5. **Аксёнов С.В., Васильев В.А., Голубчиков С.В., Гуров Г.Б., Жестев М.В., Новиков В.К.** Современное состояние и перспективы развития ПРО США // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск №2(18). – С.125–131.
6. **Васильев В.А., Голубчиков С.В.** Создание и развертывание противоракетной обороны США и перспективы её развития до 2020 года // Вестник Академии Военных Наук. – 2015, № 4(53). – С.136–144.
7. *Naval Support Facility Redzikowo. U.S. Aegis Ashore Missile Defense System Poland Holds Change of Command.* – December 17, 2019.
8. **Theodor A. Postol and George N. Lewis.** *The Proposed US Missile Defense in Europe: Technological Issues Relevant to policy* // American Association for the Advancement of Science. – Washington, D.C. August 28, 2007. – 80 p.
9. **William S. Cohen.** *Annual Report to the President and the Congress.* – Washington, D.C., 1998. – 219 + 71 p.
10. **Голубчиков С.В., Гуров Г.Б., Жестев М.В., Аксёнов С.В., Васильев В.А., Новиков В.К.** Современное состояние и перспективы развёртывания системы ПРО THAAD // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск №1(21). – С.122–131.
11. Средства воздушно-космического нападения и воздушно-космической обороны. Состояние и развитие / под общей ред. доктора технических наук И.Р. Ашурбейли. – М.: Планета, 2017. – 336 с.
12. **Колесниченко В.И., Голубчиков С.В.** Современное состояние и перспективы развёртывания зенитного ракетного комплекса Patriot // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск №4(24). – С.113–130.
13. **Henry F. Cooper.** *An Annotated Briefing on Plan for Deployment of Theater and National Defense (Based on July 2, 1992 Briefing to the Press).* – Washington, D.C., 1993. – 50 p.
14. **Гуров Г.Б., Голубчиков С.В., Жестев М.В., Колесниченко В.И.** Система ПРО морского базирования AEGIS как элемент глобальной системы противоракетной обороны США // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №1(13). – С.118–131.
15. **Голубчиков С.В.** Перспективы развития системы ПРО морского базирования AEGIS // Морской сборник. – 2015, №2(2015). – С.67–76.
16. *Missile Defense. The Warfighter and Decision Makers Would Benefit from Better Communication about the System's Capabilities and Limitations* // GAO. – May 2018.
17. *Missile Defense Advocacy News «DRS Laurel to build 59 more AN/SPQ-9B shipboard missile-defense radar systems for cruisers and destroyers».* – April 16, 2020.
18. **Ronald O'Rourke.** *Navy DDG-51 and DDG-1000 Destroyer Programs: Background and Issues for Congress.* – March 2020.
19. *Defense News. Poland's Aegis Ashore delayed to 2022 with new way forward coming soon.* – February 18, 2020.
20. *US Navy Institute. MDA, Army Withholding Pay as Aegis Ashore Poland Construction Still Drags.* – March 12, 2020.
21. *MDA. AEGIS ASHORE fact sheet.* – April 2017.
22. **Голубчиков С.В., Гуров Г.Б., Жестев М.В., Колесниченко В.И., Аксёнов С.В., Новиков В.К.** Современное состояние и перспективы развёртывания системы противоракетной обороны AEGIS ASHORE // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск №4(20). – С.124–131.
23. *News release «Poland – Integrated Air and Missile Defense (IAMD) Battle Command System (IBCS)-enabled Patriot Configuration-3+ with Modernized Sensors and Components»*, Defense Security Cooperation Agency. – November 17, 2017.
24. *Mostlymissiledefense «Space Surveillance Sensors: Globus II Radar».* – June 1, 2012.
25. **Andrew Higgins.** *On a Tiny Norwegian Island, America Keeps an Eye on Russia.* – The New York Times, June 13, 2017.
26. **Колесниченко В.И., Голубчиков С.В., Новиков В.К.** Современное состояние и перспективы развития системы дальнего обнаружения и сопровождения баллистических целей наземного базирования ПРО США // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2020, Выпуск №1(25). – С.112–130.
27. **Голубчиков С.В., Жестев М.В., Колесниченко В.И., Аксёнов С.В., Новиков В.К.** Современное состояние и перспективы развития системы раннего обнаружения пусков баллистических ракет космического, морского и наземного передового базирования // Журнал «Вестник ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2020, Выпуск №3(27). – С.96–113.
28. **Dean A. Wilkening.** *Airborne Boost-Phase Ballistic Missile Defense* // Science and Global Security. – 2004, №12. – P.1–67.

## ***MODERN STATE AND PROSPECTS OF GLOBAL LAYERED AIR DEFENCE SYSTEM DEVELOPMENT IN EUROPE***

**V.I. Kolesnichenko, S.V. Golubchikov, M.V. Zhestev, S.V. Aksyonov, V.K. Novikov**

These days the USA are developing and deploying a global layered air defence system in the States themselves, Indo-Pacific region, and on the European continent.

This article describes the modern state and development prospects of the European Missile Defence System, the foundation of which is going to be the sea- and ground-based AEGIS complex.

In accordance with the concept of EMDS its upper interception layer involves THAAD air defence complexes, ships equipped with AEGIS and SM-3 anti-ballistic missiles, and ground-based AEGIS ASHORE complexes. The lower interception layer is composed of Patriot PAC-3 surface-to-air missile complexes and an advanced MEADS SAMC.

The time allocated for the creation of the European MDS as part of the European Phased Adaptive Approach (EPAA) to the deployment of ADS in Europe after this plan has been reworked is 11 years – from 2011 to 2022 – when AEGIS ASHORE, the ground-based component of the regional European ADS located in Poland, will become operational.

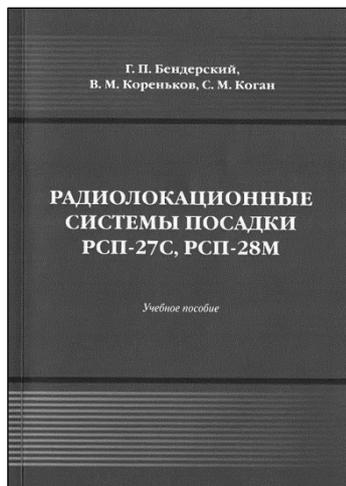
The participation of the USA in the development of ADS in Europe is a direct threat to the national security of the Russian Federation.

**Поступила 4 сентября 2020 года.**

---

## НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ

---



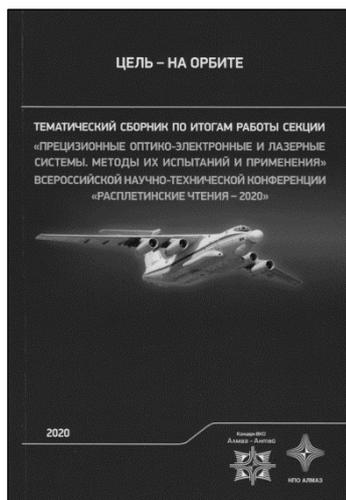
**Радиолокационные системы посадки РСП-27С, РСП-28М: Учебное пособие / под общ. ред. В.А. Коробкова. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2020. – 116 с.**

Опубликованная работа выполнена авторским коллективом в составе: Г.П. Бендерский – доктор технических наук, профессор (руководитель); В.М. Кореньков – кандидат технических наук (заместитель руководителя), С.М. Коган, С.А. Харитонов, С.Ф. Николаев – кандидат технических наук, Л.П. Яковлев – кандидат технических наук. Книга выпущена под общей редакцией начальника войск связи – заместителя начальника Главного штаба ВКС по связи генерал-майора В.А. Коробкова.

Учебное пособие предназначено для специалистов радиотехнического обеспечения полетов военной авиации, занимающихся вопросами эксплуатации и применения радиолокационных систем посадки РСП-27С, РСП-28М.

В учебном пособии приведены тактико-технические характеристики РСП-27С, РСП-28М и модулей, входящих в их состав, изложены принципы построения и технические решения, реализованные в аппаратуре модулей, рассматриваются описания основных систем и устройств модулей и вопросы их взаимодействия.

Учебное пособие предназначено для изучения технических характеристик, устройства и принципа работы радиолокационных систем посадки РСП-27С, РСП-28М и содержит сведения, необходимые обслуживающему персоналу (расчёту) для правильной и безопасной эксплуатации изделия, поддержания его в постоянной готовности к применению по назначению, а также наиболее полного использования его технических возможностей.



**Цель – на орбите. Тематический сборник по итогам работы секции «Прецизионные оптико-электронные и лазерные системы. Методы их испытаний и применения» Всероссийской научно-технической конференции «Расплетинские чтения – 2020». Москва, 18-19 февраля 2020 года / Составители В.В. Карачунский, А.В. Назаренко. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2020. – 164 с.**

В сборнике представлена подборка статей, материалы которых базируются на результатах работ, выполненных за последние несколько лет по направлению оптико-электронных и лазерных систем специалистами Публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» и коллективами других предприятий и организаций. Публикация сборника вызвана тем обстоятельством, что в последние годы одним из важнейших и интенсивно развивающихся направлений науки и техники является создание сложных оптико-электронных систем, функционирующих в различных существенно нестационарных условиях.

Материалы статей достаточно полно охватывают наиболее актуальные задачи развития перспективных оптико-электронных систем. Созданный значительный научно-технический задел является основой перспективных разработок по оптико-электронному и лазерному направлению в АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей».