



<http://www.volgatech.net/>

ВЕСТНИК 2(26) 2015

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

апрель-июнь

Научно-технический журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»

Журнал публикует оригинальные результаты исследований и технических решений по радиотехнике и электронике, телекоммуникациям, вычислительной технике и информатике, а также из других областей, объединённых общим радиотехническим подходом к решению задач

Журнал включён в систему РИНЦ, ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY и ПЕРЕЧЕНЬ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51886 от 23 ноября 2012 г.)

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.

Адрес редакции:

424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
Тел. (8362) 68-60-12, 68-78-46
Факс (8362) 41-08-72
e-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*

Компьютерная верстка

А. А. Кислицын

Перевод на английский язык

О. В. Миронова

Подписано в печать 26.06.15.

Формат 60×84 ¹/₈. Усл. п. л. 10,92

Тираж 500 экз. Заказ №

Дата выхода в свет 30.06.15.

Цена свободная

Поволжский государственный
технологический университет
424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО ИПФ «Стринг»
424006, Йошкар-Ола,
ул. Строителей, 95

Главный редактор

Н. В. Рябова, д-р физ.-мат. наук, профессор

Редакционный совет:

Д. В. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор
(*председатель*)

А. В. Пестряков, д-р техн. наук, профессор (Москва)
(*зам. председателя*)

Д. С. Лукин, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. Ф. Надеев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Казань)

Редакционная коллегия:

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор
(*зам. главного редактора*)

И. Я. Орлов, д-р техн. наук, профессор (Нижний Новгород)
(*зам. главного редактора*)

Alexander A. Balandin, D. Sci., Professor
(Riverside, California, USA)

А. С. Дмитриев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. С. Крюковский, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. Н. Леухин, д-р физ.-мат. наук, профессор

В. А. Песошин, д-р техн. наук, профессор (Казань)

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

И. Г. Сидоркина, д-р техн. наук, профессор

Н. М. Скулкин, д-р техн. наук, профессор

Я. А. Фурман, д-р техн. наук, профессор

Л. Ф. Черногор, д-р физ.-мат. наук, профессор (Украина)

Yury V. Shestopalov, D. Sci., Professor
(Karlstad University, Sweden)

А. В. Зуев, канд. техн. наук, доцент
(*отв. секретарь серии*)

VESTNIK 2(26) 2015

OF VOLGA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

april – june

Scientific and technical journal

Issued since November, 2007

Published four times a year

SERIES «Radio Engineering and Infocommunication Systems»

The journal publishes original results of research and engineering solutions to problems in radio engineering, electronics, telecommunications, computer engineering, computer science and in other fields, linked by a common radio engineering approach to the problem solution

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database, Ulrich's Periodicals Directory, and in the list of leading peer-reviewed scientific journals and editions for publishing the essential scientific results of the theses for the degrees of Candidate and Doctor of Sciences

Founder and Publisher:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Volga State University of Technology»

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (registration certificate IIII № ФЦ77-51886 from November 23, 2012)

Full and partial reproduction of materials published in the issue is allowed only upon receiving the written approval of the Editorial Office

Editorial office address:

424000, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3

Tel. (8362) 68-60-12, 68-78-46

Fax (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatchtech.net

Editor *T. A. Rybalka*

Cover design *L. G. Malankina*

Computer-aided makeup

A. A. Kislitsyn

Translation into English

O. V. Mironova

Passed for printing 26.06.15.

Format 60×84 1/8. No. of press sheets. 10,92

Circulation 500 copies. Order №

Publication Date 30.06.15.

Free price

Volga State University of Technology
424000, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3

Printed from the original layout

in LLC PPF«String»

424006, Yoshkar-Ola,

95, Stroiteley St.

Editor-in-chief

N. V. Ryabova, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Editorial Board:

D. V. Ivanov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
(*Chairman*)

A. V. Pestryakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Moscow)
(*Vice-Chairman*)

D. S. Lukin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
(Moscow)

A. F. Nadeev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Kazan)

Editorial Staff:

V. A. Ivanov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (*Deputy Editor-in-chief*)

I. Ya. Orlov, Doctor of Engineering Sciences, Professor
(Nizhny Novgorod) (*Deputy Editor-in-chief*)

Alexander A. Balandin, D. Sci., Professor (Riverside, California, USA)

A. S. Dmitriev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
(Moscow)

A. S. Kryukovsky, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Moscow)

A. N. Leukhin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

V. A. Pesoshin, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kazan)

A. A. Rozhentsov, Doctor of Engineering Sciences, Professor

I. G. Sidorkina, Doctor of Engineering Sciences, Professor

N. M. Skulkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Ya. A. Furman, Doctor of Engineering Sciences, Professor

L. F. Chernogor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Ukraine)

Yury V. Shestopalov, D. Sci., Professor (Karlstad University, Sweden)

A. V. Zuev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(*Executive Secretary*)

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
И РАДИОТЕХНИКА

О. Г. Морозов, И. М. Габдулхаков. Универсальная радиопотонная система квантового распределения ключей с частотным кодированием

В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Чернов, В. В. Овчинников. Первичная обработка ионограмм наклонного зондирования ионосферы

А. А. Кислицын. Алгоритмы определения временных вариаций полного электронного содержания верхней атмосферы Земли

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКА

Р. Э. Ирмалиев. Информационная модель безопасного полёта воздушного судна

К. О. Иванов. Использование морфологических остовов для оцифровки сигналов, представленных на бинарных растровых изображениях

ЭЛЕКТРОНИКА

О. Ш. Даутов, Ибрахим Салем. Согласование прямоугольной щелевой антенны, покрытой слоем диэлектрика и возбуждаемой симметричной полосковой линией в объёмном резонаторе с воздушным заполнением

В. Н. Игумнов. Модель электропроводности толстоплёночных резисторов

П. И. Козлов, Н. М. Скулкин, Е. В. Михеева. Фактор структурной неустойчивости при разработке вероятностно-физической модели дефектов металлокерамических плат

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.
ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

С. Г. Пашукова, А. Н. Дудин. Инфокоммуникационная система «Безопасный город» в единой сети мониторинга безопасности и защиты населения от чрезвычайных ситуаций

В. Е. Филимонов, М. В. Даниарова. Поволжский научно-образовательный форум «Мой первый шаг в науку» и комплексная подготовка учащихся к проектной деятельности

Информация для авторов

CONTENTS

TELECOMMUNICATION
AND RADIO ENGINEERING

O. G. Morozov, I. M. Gabdulkhakov. Universal microwave photonic system for quantum key distribution with frequency coding

6

V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, A. A. Chernov, V. V. Ovchinnikov. Initial processing of oblique ionospheric sounding ionograms

19

A. A. Kisitsin. Algorithms of determination of time variations of total electron content in the upper atmosphere of the Earth

27

COMPUTER ENGINEERING
AND INFORMATICS

R. E. Irmaliev. Information model of the safe flight of aircraft

41

K. O. Ivanov. The use of morphological skeletons for digitizing signals, presented in binary bitmap images

50

ELECTRONICS

O. Sh. Dautov, Ibrahim Salem. Matching of the rectangular slot antenna, covered by the dielectric layer and excited by a symmetrical strip line in the resonant cavity filled with air

61

V. N. Igumnov. Model of thick-film resistor electroconductivity

67

P. I. Kozlov, N. M. Skulkin, E. V. Mikheeva. Structural instability factor in design of a probabilistic physical model of metal-ceramic board defects

75

THE NOVELTIES IN THE FIELD OF ENGINEERING AND TECHNOLOGIES. REVIEWS.
CONFERENCES. IMPORTANT DATES

S. G. Pashukova, A. N. Dudin. Infocommunication system «Safe city» in the unified network of monitoring of civil security and protection from emergency situations

82

V. E. Filimonov, M. V. Daniarova. Volga scientific and educational forum «My first step in science» and comprehensive training of students for project activity

85

Information for the authors

93



Уважаемые коллеги!

Представляем Вашему вниманию второй номер 2015 года нашего журнала.

Первая статья раздела «Телекоммуникации и радиотехника» посвящена вопросам построения универсальной радиотонной системы квантового распределения ключей с частотным кодированием, анализу и синтезу таких систем на основе классических подходов, а также перспективного – с использованием комбинированной амплитудной модуляции и фазовой коммутации. В следующей статье представлены результаты исследования методов обнаружения и выделения полезного сигнала в новой системе цифрового радиозондирования ионосферных линий СВ-связи непрерывными сигналами с ЛЧМ. Представлен комплексный метод синтеза адаптивного алгоритма оптимального приёма сигналов при обобщённо-типичных суперпозициях различных количеств сосредоточенных помех и уровня флуктуационных шумов при выполнении условия их физической реализуемости. Завершает раздел статья об исследованиях временных вариаций полного электронного содержания в ионосфере Земли по данным фазовых и кодовых измерений псевдодальности. Для трансionoсферного зондирования ионосферы и каналов спутниковой связи использовались навигационные системы ГЛОНАСС и GPS.

В разделе «Вычислительная техника и информатика» первая статья посвящена исследованию существующей и разработке перспективной информационных моделей безопасного полёта, автором получена информационная модель безопасного полёта в детерминированном виде относительно известных авиационных событий. Следующая статья посвящена исследованиям алгоритма оцифровки графических данных, устойчивого к помехам, которые имеют место на растровых изображениях. Использован метод прослеживания контуров изображений по алгоритму Розенфельда. Для повышения помехоустойчивости алгоритма используется аппарат контурного анализа, позволяющий исключить малоразмерные объекты изображения, являющиеся помехами.

В разделе «Электроника» представлена работа, посвящённая вопросам согласования на заданной частоте антенны одиночного щелевого излучателя под однородным плоским диэлектрическим покрытием. Возбуждение излучателя осуществляется симметричной полосковой линией в резонаторе с однородным заполнением. В следующей статье предложена модель электропроводности толстоплёночных резисторов, учитывающая металлическую и термоактивные составляющие проводимости. Завершает раздел статья об экспериментальном исследовании степени влияния производственных факторов на структуру тонкой керамики. Результаты исследований позволяют определить направление работ в области надёжности новых изделий при их разработке.

В четвёртом разделе представлена информация о разработке и внедрении инфокоммуникационных систем «Безопасный город» в единую федеральную сеть мониторинга безопасности и защиты населения от чрезвычайных ситуаций. В этом разделе представлена информация о развитии проектной деятельности в школах и участии обучающихся в Поволжском научно-образовательном форуме «Мой первый шаг в науку».

Уважаемый читатель, мы надеемся, что статьи, публикуемые в этом номере, заинтересовали Вас, и Вы продолжите дальнейшее сотрудничество с нашим журналом.

Профессор Наталья Рябова

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.376+535.243.2

УНИВЕРСАЛЬНАЯ РАДИОФОТОННАЯ СИСТЕМА КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ С ЧАСТОТНЫМ КОДИРОВАНИЕМ

О. Г. Морозов¹, И. М. Габдулхаков²

¹Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,
Российская Федерация, 420111, Казань, ул. К. Маркса, 10
E-mail: microoil@mail.ru

²ОАО «Таттелеком»,
Российская Федерация, 420061, Казань, ул. Н. Ершова, 57
E-mail: baikerboy@mail.ru

Рассматриваются вопросы построения универсальной радиофотонной системы квантового распределения ключей с частотным кодированием. Её концепция основана на возможности создания многофункциональных узлов для реализации большинства наиболее часто используемых в указанных системах видов частотного кодирования с амплитудной, фазовой и комбинированной амплитудно-фазовой модуляцией и ремодуляцией оптической несущей. Проанализированы характеристики создаваемых систем на основе классических подходов и перспективы их развития с использованием комбинированной амплитудной модуляции и фазовой коммутации. Приведены оценки возможности построения перспективных систем квантового распределения ключей с частотным кодированием, в том числе при их симметричной и асимметричной реализациями, а также с использованием механизмов пассивного распознавания состояний поляризации фотонов на базе фильтров волнового мультиплексирования боковых составляющих промодулированной оптической несущей.

Ключевые слова: квантовая криптография; системы квантового распределения ключей; частотное кодирование; радиофотоника; амплитудная модуляция; фазовая модуляция; комбинированная амплитудно-фазовая модуляция; комбинированная амплитудная модуляция и фазовая коммутация.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках проектной части государственного задания на оказание услуг (выполнение работ) по организации научных исследований, выполняемых ФГБОУ ВПО «КНИТУ-КАИ» на кафедре радиофотоники и микроволновых технологий и в научно-исследовательском институте прикладной электродинамики, фотоники и живых систем (программа «Радиофотоника» 3.1962.2014/К).

Список литературы

1. Scarani, V. The security of practical quantum key distribution / V. Scarani, H. Bechmann-Pasquucci, N.J. Cerf, N. Lütkenhaus, M. Peev // Reviews of modern physics. – 2009. – Vol. 81. – Pp. 1301-1310.
2. Muller, A. Experimental demonstration of quantum cryptography using polarized photons in optical fiber over more than 1 km / A. Muller, J. Breguet, N. Gisin // Europhys. Lett. – 1993. – Vol. 23. – Pp. 383-388.

3. Zbinden, H. Interferometry with Faraday mirrors for quantum cryptography / H. Zbinden, J. D. Gautier, N. Gisin et al. // *Electron. Lett.* – 1997. – Vol. 33. – Pp. 586-588.
4. Inoue, K. Differential phase shift quantum key distribution / K. Inoue, E. Waks, Y. Yamamoto // *Phys. Rev. Lett.* – 2002. – Vol. 89. – Pp. 037902.
5. Duraffourg, L. Compact transmission system using single-sideband modulation of light for quantum cryptography / L. Duraffourg, J.-M. Merolla, J.-P. Goedgebuer et al. // *Opt. Lett.* – 2001. – Vol. 26, No 18. – Pp. 1427-1429.
6. Dixon, A.R. Gigahertz decoy quantum key distribution with 1 Mbit/s secure key rate / A.R. Dixon, Z.L. Yuan, J.F. Dynes et al. // *Opt. Express.* – 2008. – Vol. 16. – Pp. 18790-18799.
7. Морозов, О.Г. Амплитудно-фазовая модуляция в системах радиوفотоники / О.Г. Морозов, Г.И. Ильин // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы.* – 2014. – № 1 (20). – С. 6-42.
8. Mora, J. Microwave photonic filtering scheme for BB84 subcarrier multiplexed quantum key distribution / J. Mora, A. Ruiz-Alba, W. Amaya, et al. // *IEEE Topical Meeting on Microwave Photonics.* – 2010. – Pp. 286-289.
9. Merolla, J.-M. Quantum cryptographic device using single-photon phase modulation / J.-M. Merolla, Y. Mazurenko, J.-P. Goedgebuer, et al. // *Physical review A.* – 1999. – Vol. 60, No 3. – Pp. 1899-1905.
10. Bennett, C.H. Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing / C.H. Bennett, G. Brassard // *Proceedings of the IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing.* – Bangalore, India, 1984. – Pp. 175-179.
11. Bennett, C.H. Quantum cryptography using any two nonorthogonal states / C.H. Bennett // *Physical Review Letters.* – 1992. – Vol. 68. – Pp. 3121-3124.
12. Xavier, G.B. Modulation schemes for frequency coded quantum key distribution / G.B. Xavier, J.-P. Weid // *Electronics Letters.* – 2005. – Vol. 41, No 10. – Pp. 607-608.
13. Bloch, M. Frequency-coded quantum key distribution / M. Bloch, S.W. McLaughlin, J.-M. Merolla, F. Patois // *Opt. Lett.* – 2007. – Vol. 32, No 2. – Pp. 301-303.
14. Zhang, Tao. A frequency-coded quantum key distribution scheme / Tao Zhang, Zhen-Qiang Yin, Zheng-Fu Han, Guang-Can Guo // *Optics Communications.* – 2008. – Vol. 281. – Pp. 4800-4802.
15. Ruiz-Alba, A. Practical quantum key distribution based on BB84 protocol / A. Ruiz-Alba, D. Calvo, V. Garcia-Munoz et al. // *Waves.* – 2011. – No 3. – Pp. 4-14.
16. Mérola, J.-M. Phase-modulation transmission system for quantum cryptography / J.-M. Mérola, Y. Mazurenko, J.P. Goedgebuer et al. // *Opt. Lett.* – 1999. – Vol. 24. – Pp. 104-106.
17. Kumar, K.P. Optical modulation schemes for frequency-coded quantum key distribution / K.P. Kumar // *IEEE National Conference on Communications.* – 2010. – Pp. 1-5.
18. Морозов, О.Г. Синтез двухчастотного излучения и его применение в волоконно-оптических системах распределенных и мультиплексированных измерений / О.Г. Морозов, Д.Л. Айбатов, Т.С. Садеев // *Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* – 2010. – Т. 13, № 3. – С. 84-91.
19. Талипов, А.А. Метод формирования двухчастотного излучения для синтеза солитонов и применения спектрально-эффективной модуляции RZ и CSRZ форматов в оптических сетях доступа / А.А. Талипов, О.Г. Морозов, Г.И. Ильин и др. // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы.* – 2012. – № 2 (16). – С. 3-12.
20. Ильин, Г.И. ЛЧМ-лидар с преобразованием частоты / Г.И. Ильин, О.Г. Морозов, Ю.Е. Польский // *Оптика атмосферы и океана.* – 1995. – Т. 8, № 12. – С. 1871-1874.
21. Морозов, О.Г. Оптико-электронные системы измерения мгновенной частоты радиосигналов с амплитудно-фазовым модуляционным преобразованием оптической несущей / О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, М.Р. Нургазизов, А.А. Талипов // *Прикладная фотоника.* – 2014. – № 2. – С. 5-23.
22. Capmany, J. Quantum modelling of electro-optic modulators / J. Capmany, C.R. Fernandez-Pousa // *Laser Photonics Rev.* 5. – 2011. – № 6. – Pp. 750-772.

Статья поступила в редакцию 14.04.15.

Для цитирования: Морозов О. Г., Габдулхаков И. М. Универсальная радиотехническая система квантового распределения ключей с частотным кодированием // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы.* – 2015. – № 2 (26). – С. 6-18.

Информация об авторах

МОРОЗОВ Олег Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиопотоники и микроволновых технологий, директор научно-исследовательского института прикладной электродинамики, фотоники и живых систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – волоконно-оптические телекоммуникационные и сенсорные сети и системы, микроволновые технологии, радиопотоника. Автор 200 публикаций.

ГАБДУЛХАКОВ Ильдарис Мударрисович – бакалавр техники и технологий, инженер, ОАО «Таттелеком». Область научных интересов – волоконно-оптические системы связи. Автор пяти публикаций.

UDC 621.376+535.243.2

**UNIVERSAL MICROWAVE PHOTONIC SYSTEM
FOR QUANTUM KEY DISTRIBUTION
WITH FREQUENCY CODING**

O. G. Morozov¹, I. M. Gabdulkhakov²

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI,
10, K. Marx Street, Kazan, 420111, Russian Federation

E-mail: microoil@mail.ru

²OJSC «Tattelecom»

57, N. Ershov Street, Kazan, 420061, Russian Federation

E-mail: baikerboy@mail.ru

Keywords: quantum cryptography; quantum key distribution system; frequency coding; microwave photonics; amplitude modulation; phase modulation; combined amplitude and phase modulation; combined amplitude modulation and phase commutation

ABSTRACT

Quantum communication networks provide a unique opportunity to exchange a random sequence of bits between users with guaranteed security not achievable in the classical open or systems with special cryptographic protection. This is achieved by means of quantum key distribution technology using. Design principals of universal microwave photonics system for quantum key distribution with frequency coding are concerned. Its concept is based on the possibility of creating the multi-functional units to implement the most commonly used in these types of systems technologies of frequency coding: amplitude, phase and combined amplitude-phase modulation and remodulation of optical carrier. The two main protocols used for their construction are protocols BB84 and B92. The characteristics of established systems based on classical approaches and prospects of their development using a combination of amplitude modulation and phase commutation are discussed. Application of microwave photonic universal system for quantum key distribution with frequency signal to implement classical approaches allows multiple levels of cryptographic security, including switching schemes and protocols with remodulation and passive detection. Doubling the number of electro-optic modulators certainly increase the cost of the system, which, however, can be compensated by expansion of its functional possibilities. Implementation of perspective system for quantum key distribution with frequency coding based on consistent amplitude modulation and phase switching is characterized by a high spectral efficiency of optical carrier modulation conversion realized by Il'in-Morozov's method. For the first time the possibility of constructing an asymmetric structure, using only modulators on the Alice side and passive filters based on fiber Bragg or arrayed waveguide gratings on the Bob side. Introduction of phase switching stage will significantly improve the conversion efficiency of the optical carrier and signal/noise ratio of the received signals, and reduce on 25% the bandwidth, occupied by the side components.

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the government task for rendering services (performance of work) consisting in the organization of scientific research, conducted by FSBEI HPE «Kazan National Research Technical University» at the Chair of Radio-Electronic and Quantum Devices, the Chair of Radiophotonics and Microwave Technologies and at the Scientific and Research Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems (program « Microwave photonics » 3.1962.2014/K).

REFERENCES

1. Scarani V., Bechmann- Pasquinucci H., Cerf N.J., Lütkenhaus N., Peev M. The security of practical quantum key distribution. *Reviews of modern physics*. 2009. Vol. 81. Pp. 1301-1310.
2. Muller A., Breguet J., Gisin N. Experimental demonstration of quantum cryptography using polarized photons in optical fiber over more than 1 km. *Europhys. Lett.* 1993. Vol. 23. Pp. 383-388.
3. Zbinden H, Gautier J. D., Gisin N. et al. Interferometry with Faraday mirrors for quantum cryptography. *Electron. Lett.* 1997. Vol. 33. Pp. 586-588.
4. Inoue K., Waks E., Yamamoto Y. Differential phase shift quantum key distribution. *Phys. Rev. Lett.* 2002. Vol. 89. Pp. 037902.
5. Duraffourg L., Merolla J.-M., Goedgebuer J.-P. et al. Compact transmission system using single-sideband modulation of light for quantum cryptography. *Opt. Lett.* 2001. Vol. 26. No 18. Pp. 1427-1429.
6. Dixon A.R., Yuan Z.L., Dynes J.F. et al. Gigahertz decoy quantum key distribution with 1 Mbit/s secure key rate. *Opt. Express*. 2008. Vol. 16. Pp. 18790-18799.
7. Morozov O.G., Il'in G.I. Amplitudno-fazovaya modulyaciya v sistemah radiofotoniki [Amplitude-phase modulation in microwave photonics systems]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikacionnye sistemy* [Vestnik of Volga state university of technology. Series «Radio Engineering and Infocommunication Systems»]. 2014. № 1 (20). Pp. 6-42.
8. Mora J., Ruiz-Alba A., Amaya W. et al. Microwave photonic filtering scheme for BB84 subcarrier multiplexed quantum key distribution. *IEEE Topical Meeting on Microwave Photonics*, 2010. Pp. 286-289.
9. Merolla J.-M., Mazurenko Y., Goedgebuer J.-P. et al. Quantum cryptographic device using single-photon phase modulation. *Physical review A*. 1999. Vol. 60, No 3. Pp. 1899-1905.
10. Bennett C.H., Brassard G. Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing, Bangalore, India*. 1984. Pp. 175-179.
11. Bennett C.H. Quantum cryptography using any two nonorthogonal states. *Physical Review Letters*. 1992. Vol. 68. Pp. 3121-3124.
12. Xavier G.B., Weid J.-P. Modulation schemes for frequency coded quantum key distribution. *Electronics Letters*. 2005. Vol. 41, No 10. Pp. 607-608.
13. Bloch M., McLaughlin S.W., Merolla J.-M., Patois F. Frequency-coded quantum key distribution. *Opt. Lett.* 2007. Vol. 32, No 2. Pp. 301-303.
14. Tao Zhang, Zhen-Qiang Yin, Zheng-Fu Han, Guang-Can Guo. A frequency-coded quantum key distribution scheme. *Optics Communications*. 2008. Vol. 281. Pp. 4800-4802.
15. Ruiz-Alba A., Calvo D., Garcia-Munoz V., et al. Practical quantum key distribution based on BB84 protocol. *Waves*, 2011. No 3. Pp. 4-14.
16. Mérola J.-M., Mazurenko Y., Goedgebuer J.P. et al. Phase-modulation transmission system for quantum cryptography. *Opt. Lett.* 1999. Vol. 24. Pp. 104-106.
17. Kumar K.P. Optical modulation schemes for frequency-coded quantum key distribution. *IEEE National Conference on Communications*, 2010. Pp. 1-5.
18. Morozov O.G., Ajbatov D.L., Sadeev T.S. Sintez dvuhchastotnogo izlucheniya i ego primeneniye v volokonno-opticheskikh sistemah raspredelennykh i mul'tipleksirovannykh izmerenij [Synthesis of two-frequency radiation and its application to fiber system of distributed and multiplexed measurements]. *Fizika volnovykh processov i radiotekhnicheskie sistemy* [Physics of wave processes and radiotechnical systems]. 2010. Vol. 13. No 3. Pp. 84-91.
19. Talipov A.A., Morozov O.G., Il'in G.I. et al. Metod formirovaniya dvuhchastotnogo izlucheniya dlya sinteza solitonov i primeneniya spektral'no-efektivnoj modulyacii RZ i CSRZ formatov v opticheskikh setyah dostupa [Forming method of two-frequency radiation for solitons synthesis and application of spectral-efficient modulation of RZ and CSRZ formats to optical access networks]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikacionnye sistemy* [Vestnik of Volga state university of technology. Series «Radio Engineering and Infocommunication Systems»]. 2012. No 2 (16). Pp. 3-12.
20. Il'in G.I., Morozov O.G., Pol'skii Yu.E. LChM-lidar s preobrazovaniem chastoty [LFM-lidar with frequency conversion]. *Optika atmosfery i okeana* [Atmosphere and ocean optics]. 1995. Vol. 8. No 12. Pp. 1871-1874.
21. Morozov O.G., Morozov G.A., Nurgazizov M.R., Talipov A.A. Optiko-jelektronnye sistemy izmerenija mgnovennoj chastoty radiosignalov s amplitudno-fazovym moduljacionnym preobrazovaniem opticheskoy nesushhej [Optoelectronic system for radio signals instantaneous frequency measuring with amplitude and phase modulation transform of the optical carrier]. *Prikladnaja fotonika* [Applied photonics], 2014. No 2. Pp. 5-23.
22. Capmany J., Fernandez-Pousa C.R. Quantum modelling of electro-optic modulators. *Laser Photonics Rev.* 5, 2011. No 6. Pp. 750-772.

The article was received 14.04.15.

Citation for an article: Morozov O. G., Gabdulkhakov I. M. Universal microwave photonic system for quantum key distribution with frequency coding. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2015. No 2 (26). Pp. 6-18.

Information about the authors

MOROZOV Oleg Gennadyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Radiophotonics and Microwave Technologies Department, the Head of R&D Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems at Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is information-measuring and telecommunication systems of optical and microwave ranges, microwave photonics. The author of 200 publications.

GABDULKHAKOV Ildaris Mudarrisovich – Bachelor of Technics and Techniques, Engineer of the OJSC «Tattelecom». The sphere of scientific interests is optical telecommunication systems. The author of 5 publications.

УДК 621.371.3

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ИОНОГРАММ НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ

**В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова,
М. И. Рябова, А. А. Чернов, В. В. Овчинников**

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: miryabova@mail.ru

Разработаны алгоритмы и программа первичной обработки ионограмм наклонного зондирования ионосферы в среде Labview. В программе реализованы следующие методы обработки: метод динамического порога; оконный медианный фильтр; медианный фильтр вдоль направления треков; модифицированный оконный фильтр. Представлены результаты обработки ионограмм для радиолинии Кипр – Йошкар-Ола. Проведён сравнительный анализ эффективности реализованных методов.

Ключевые слова: ионосфера; зондирование; радиоканал; ионограмма; первичная обработка; метод динамического порога; комбинированный метод.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: проекты № 13-07-00371; 13-02-00524; 15-07-05280; 15-07-05294; Гранты Минобрнауки РФ № 3.2695.2014/К, № 8.2697.2014/К, № 2276, № 2247; РНФ № 15-19-10053.

Список литературы

1. Зыков, Е. Ю. Автоматическая интерпретация ионограмм вертикального зондирования, / Е. Ю. Зыков, А. Д. Акчурина, А. Л. Сапаев, О. Н. Шерстюков // Учён. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2008. – № 3. – С. 36–45.
2. Иванов, Д.В. Методы и математические модели исследования распространения в ионосфере сложных дециметровых сигналов и коррекции их дисперсионных искажений: монография / Д.В. Иванов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 268 с.
3. Иванов, Д.В. SDR-ионозонд с непрерывным ЛЧМ-сигналом на платформе USRP / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 80-93.
4. Иванов, В.А. Помехоустойчивость и пропускная способность радиоканалов ионосферной связи: монография / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, М.И. Бастракова. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 156 с.
5. Иванов, Д.В. Многомерный ионосферный радиоканал и связанные с ним проблемы работы модемов высокочастотной связи / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 6-22.
6. Иванов, В.А. Комплексный адаптивный алгоритм обработки ионограмм вертикально-наклонного зондирования ионосферы / В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова и др. // Гелиогеофизические исследования. – 2013. – Вып. 4. – С. 11-23.
7. Пономарчук, С.Н. Обработка и интерпретация ионограмм вертикального и наклонного зондирования для диагностики ионосферы на базе ЛЧМ-ионозонда / С.Н. Пономарчук, В.П. Грозов, Г.В. Котович, С.Я. Михайлов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2013. – № 5 (51). – С. 163-166.
8. Грозов, В.П. Программное обеспечение обработки и интерпретации ионограмм зондирования на базе цифрового ЛЧМ-ионозонда / В.П. Грозов, А.М. Киселёв, Г.В. Котович и др. // Гелиогеофизические исследования. – 2013. – № 2 (4). – С. 75-85.

Статья поступила в редакцию 21.04.15.

Для цитирования: Иванов В. А., Иванов Д. В., Рябова Н. В., Рябова М. И., Чернов А. А., Овчинников В. В. Первичная обработка ионограмм наклонного зондирования ионосферы // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 19-26.

Информация об авторах

ИВАНОВ Владимир Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, широкополосные сигналы. Автор 269 публикаций.

ИВАНОВ Дмитрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, широкополосные сигналы, распространение радиоволн. Автор 177 публикаций.

РЯБОВА Наталья Владимировна – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – информационно-телекоммуникационные системы, ионосфера, распространение радиоволн, прогнозирование, моделирование, адаптивные системы. Автор 189 публикаций.

РЯБОВА Мария Игоревна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, распространение радиоволн. Автор 86 публикаций.

ЧЕРНОВ Андрей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – синхронизация систем ВЧ-связи и зондирования ионосферы, программно-определяемые радиосистемы. Автор 68 публикаций.

ОВЧИННИКОВ Владимир Викторович – магистрант кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – обработка сигналов, зондирование ВЧ-радиоканалов. Автор четырёх публикаций.

UDC 621.371.3

INITIAL PROCESSING OF OBLIQUE IONOSPHERIC SOUNDING IONOGRAMS

V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, A. A. Chernov, V. V. Ovchinnikov

Volga State University of Technology,
Lenin Squire, 3 Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: miryabova@mail.ru

Key words: the ionosphere; sounding; radio channel; ionogram; initial processing; dynamic threshold method; combined method.

ABSTRACT

Introduction. Ionospheric research has a number of important problems. Their solution is impossible without automated information processing organization. The main source of information about the ionosphere condition is an ionogram. The important stage in ionospheric HF radio channel diagnostics implementation is ionogram preprocessing (filtering). It comprises the refinement of an ionogram from noise terms with the purpose of wanted signal extraction. In modern LFM ionosondes, several methods of wanted signal detection and extraction are applied. However, the application of these processing methods separately doesn't solve the problems of efficient wanted signal extraction. The solution to this problem requires creating a complex adaptive algorithm, which allows tuning it to the conditions of short radio waves propagation in a corresponding radio line. The **purpose** of the work was the development of the algorithms and software of the initial processing of oblique ionospheric sounding ionograms. **Results.** Within the framework, the algorithms and the program of the initial processing of oblique ionospheric sounding ionograms in Labview were developed. In the program, the following processing methods were implemented: dynamic threshold method; window median filter; median filter along track directions; modified window filter. The results of ionogram processing for the radio line Cyprus-Yoshkar-Ola were presented. The comparative analysis of the efficiency of these methods was carried out. The results of the analysis showed: ionogram refinement must be implemented in several steps; as the final stage median filtering along track directions or the modified method of single burst filtering can be used.

The work was carried out with the grant support of RFBR: projects № 13-07-00371; 13-02-00524; 15-07-05280; 15-07-05294; Grants of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 3.2695.2014/K, № 8.2697.2014/K, № 2276, № 2247; RSF № 15-19-10053.

REFERENCES

1. Zykov E. Yu., Akchurin A. D., Sapaev A. L., Sherstyukov O. N. Avtomaticheskaya interpretatsiya ionogramm vertikal'nogo zondirovaniya [Automatic Interpretation of Vertical Sounding Ionograms]. *Uchen. zap. Kazan. gos. un-ta. Ser. Fiz.-matem. Nauki* [Proceedings of Kazan University. Ser. Physical and Mathematical Sciences]. 2008. № 3. Pp. 36–45.
2. Ivanov D.V. *Metody i matematicheskie modeli issledovaniya rasprostraneniya v ionosfere slozhnykh dekametrovykh signalov i korrektsii ikh disperzionnykh iskazheniy: monografiya* [Methods and Mathematical Models of Research on the Propagation of Complex Decameter Signals in the Ionosphere and the Correction of their Dispersion Distortions]. Yoshkar-Ola: MARSTU, 2006. 268 p.
3. Ivanov, D. V. Ivanov V. A., Ryabova N. V. et al. SDR-ionozond s nepreryvnym LCHM-signalom na platforme USRP [SDR-ionosonde with a Continuous LFM-signal on the USRP Platform]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. №3 (19). Pp.80-93.
4. Ivanov V.A., Ryabova N.V., Bastrakova M.I. *Pomekhoustoychivost' i propusknaya sposobnost' radiokanalov ionosfernoy svyazi. Monografiya* [Interference Immunity and the Capacity of an Ionospheric Radio Channel. Monograph]. Yoshkar-Ola: PGU, 2013. 156 p.
5. Ivanov D.V., Ivanov V.A., Ryabova N.V. et al. Mnogomernyy ionosfernyy radiokanal i svyazannyye s nim problemy raboty modemov vysokochastotnoy svyazi [Multidimensional Ionospheric Radio Channel and the Problems of High-frequency Communication Modem Operation, Connected with it]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. № 4 (23). Pp. 6-22.
6. Ivanov V.A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Kompleksnyy adaptivnyy algoritm obrabotki ionogramm vertikal'no-naklonnogo zondirovaniya ionosfery [Complex Adaptive Algorithm of Ionogram Processing of Vertical-Oblique Ionospheric Sounding]. *Geliogeofizicheskie issledovaniya* [Heliogeophysical research]. 2013. Iss. 4. Pp. 11-23.
7. Ponomarchuk S.N., Grozov V.P., Kotovich G.V., Mikhailov S.Ya. Obrabotka i interpretatsiya ionogramm vertikal'nogo i naklonnogo zondirovaniya dlya diagnostiki ionosfery na baze LchM-ionozonda [Processing and Interpretation of Vertical and Oblique Sounding Ionograms for the Ionospheric Diagnostics Based on the LFM-Ionosonde]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. M.F. Reshetneva* [Bulletin of Siberian State Aerospace University named after M. F. Reshetnev]. 2013. № 5 (51). Pp. 163-166.
8. Grozov V.P., Kiselyov A.M., Kotovich G.V. et al. Programmnoe obespechenie obrabotki i interpretatsii ionogramm zondirovaniya na baze tsifrovogo LChM-ionozonda [Software of Processing and Interpretation of Sounding Ionograms Based on the Digital LFM-Ionosonde]. *Geliogeofizicheskie issledovaniya* [Heliogeophysical research]. 2013. № 2 (4). Pp. 75-85.

The article was received 21.04.15.

Citation for an article: Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Ryabova M. I., Chernov A. A., Ovchinnikov V. V. Initial processing of oblique ionospheric sounding ionograms. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2015. No 2 (26). Pp. 19-26.

Information about the authors

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, the propagation of radio waves, modeling and broadband signals. The author of 269 publications.

IVANOV Dmitry Vladimirovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation Activity at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, wideband signals and the propagation of radio waves. The author of 177 publications.

RYABOVA Natalia Vladimirovna – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is information and telecommunication systems, the ionosphere, the propagation of radio waves, forecasting, modeling, adaptive systems. The author of 189 publications.

RYABOVA Maria Igorevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, the propagation of radio waves. The author of 86 publications.

CHERNOV Andrey Alekseevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is synchronization of HF communication systems and ionospheric sounding, software-defined radio systems. The author of 68 publications.

OVCHINNIKOV Vladimir Viktorovich – a postgraduate student of the Chair of Radio Engineering and Communication, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is signal processing, sounding of HF radio channels. The author of 4 publications.

УДК 550.388

АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

А. А. Кислицын

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: KislitsinAA@volgatech.net

Представлены результаты определения временных вариаций полного электронного содержания по данным фазовых и кодовых измерений псевдодальности. Проведён анализ вариаций полного электронного содержания по результатам вычислительного эксперимента. Экспериментально установлены сезонные и суточные периоды максимальных значений полного электронного содержания, получены статистические оценки.

Ключевые слова: полное электронное содержание; трансионосферное зондирование; фазовые измерения псевдодальности; кодовые измерения псевдодальности; IRI-2012.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: проекты № 13-07-00371; 13-02-00524; 15-07-05280; 15-07-05294; Гранты Минобрнауки РФ № 3.2695.2014/К, № 8.2697.2014/К, № 2276, № 2247; РНФ № 15-19-10053.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность доктору физ.-мат. наук, профессору В. А. Иванову, доктору физ.-мат. наук, профессору Н. В. Рябовой за обсуждение работы и ценные замечания.

Список литературы

1. Иванов, В.А. Многомерный высокочастотный радиоканал и экспериментальные исследования его основных характеристик / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Чернов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2013. – Т. 18, № 8. – С. 40-48.
2. Иванов, В.А. Адаптивное обнаружение и выделение широкополосного сигнала с линейной частотной модуляцией при сжатии его в частотной области // В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Мальцев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 34-45.
3. Иванов, Д.В. SDR-ионозонд с непрерывным ЛЧМ-сигналом на платформе USRP / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Елсуков и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 80-93.
4. Иванов, В.А. Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионозонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2(12). – С. 15-23.
5. Иванов, В.А. Устройство и алгоритмы синхронизации радиотехнических систем связи и зондирования ионосферных высокочастотных радиоканалов / В.А. Иванов, Е.В. Катков, А.А. Чернов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 2(9). – С. 114-126.
6. Иванов, Д.В. Исследования коррекции дисперсионных искажений, возникающих в ионосферных радиоканалах с полосой 1 МГц / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, А.Р. Лащевский // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2008. – Т. 13, № 8. – С. 58-66.
7. Иванов, В.А. Коррекция широкополосных коротковолновых ионосферных радиоканалов / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, А.А. Колчев // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48, № 6. – С. 688-697.
8. Иванов, В.А. Зондирование ионосферных каналов высокочастотной связи с поверхности Земли / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2008. – № 1 (2). – С. 3-20.
9. Иванов, В.А. Канальные параметры рассеяния для среднеширотной ионосферы / В.А. Иванов, Е.В. Катков, М.И. Рябова, А.А. Чернов // Вестник Марийского государственного технического универ-

ситета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3 (13). – С. 93-101.

10. *Иванов, В.А.* Исследование факторов, приводящих к искажению высокочастотных сигналов с расширенным спектром при их квазизенитном распространении в ионосфере / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова // Электromагнитные волны и электронные системы. – 2011. – Т. 16, № 8. – С. 33-39.

11. *Иванов, В.А.* Развитие теории синхронизации РТС декаметрового диапазона и панорамного зондирования ионосферы / В.А. Иванов, А.А. Чернов // Телекоммуникации. – 2012. – № 2. – С. 16-22.

12. *Афраймович, Э.Л.* GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли / Э. Л. Афраймович, Н. П. Перевалова. – Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.

13. *Иванов, В.А.* Влияние геомагнитных возмущений на полное электронное содержание ионосферы / В.А. Иванов, А.Ю. Желонкин, Н.В. Рябова, А.В. Зуев // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 1 (11). – С. 24-30.

14. *Bilitza, D.* International Reference Ionosphere 2000 / D. Bilitza // Radio Sci. – 2001. – Vol. 36, № 2. – Pp. 264-275.

15. *Гивишвили, Г.В.* Об особенностях транс-ионосферного зондирования с борта геостационарного ИСЗ / Г. В. Гивишвили, Н.П. Данилкин, Г.А. Жбанков и др. // Труды XXIII Всерос. научн. конф. «Распространение радиоволн» РРВ-23. – 2011. – Т. 1. – С. 307-310.

16. *Данилкин, Н.П.* Трансионосферное радиозондирование – метод диагностики наличия ионосферных неоднородностей / Н.П. Данилкин, Г.А. Жбанков, С.В. Журавлев и др. // Гелиогеофизические исследования [Электронный журнал]. – 2012. – Вып.1. – Режим доступа: <http://vestnik.geospace.ru/issues/iss1/article3.pdf> (дата обращения: 15.04.15).

17. *Власов, А.А.* Оценка способов определения полного электронного содержания в ионосфере / А.А. Власов, Е.В. Кузьминых, В.В. Чукин // Всероссийские радиофизические научные чтения-конференции памяти Н.А. Арманда. Сб. докладов научно-практической конференции (Муром, 28 июня – 1 июля 2010 г.). – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2010. – С. 269-271.

18. *Иванов, В. А.* Исследование влияния на помехоустойчивость радионавигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS метеоусловий и космической погоды / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Кислицын и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3 (13). – С. 25-35.

19. *Иванов, В. А.* Влияние климатических и геофизических явлений на помехоустойчивость приема радионавигационных сигналов систем ГЛОНАСС/GPS / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. В. Зуев и др. // Радиофизические методы в ди-

станционном зондировании сред: Материалы V Всероссийской научной конференции (Муром, 26-28 июня 2012 г.). – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2012. – С. 558-563.

20. *Иванов, В. А.* Экспериментальное определение полного электронного содержания в ионосфере над Йошкар-Олой с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS / В. А. Иванов, Н.В. Рябова, М. И. Рябова, А.А. Кислицын // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: материалы IV Всероссийской научной конференции (III Всероссийские Армадовские чтения). – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2013. – С. 101-105.

21. *Мальцева, О.А.* Возможности улучшенной модели ионосферы при определении условий распространения радиоволн / О.А. Мальцева, О.С. Полтавский, К.Т. Чинь // Электromагнитные волны и электронные системы. – 2009. – № 6. – С. 34-41.

22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615836. Программа построения суточных вариаций полного электронного содержания по двухчастотным фазовым измерениям псевдодальности «TECphase 1.0» / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. А. Кислицын, М. И. Рябова: правообладатель ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет». – дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 04.06.14. Дата публикации 20.07.2014.

23. *Смирнов, В. М.* Исследование возможности применения спутниковых навигационных систем для мониторинга сейсмических явлений / В.М. Смирнов, Е.В. Смирнова // Вопросы электромеханики. – 2008. – Т. 105. – С. 94-104.

24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615841. Программа построения суточных вариаций полного электронного содержания по кодовым измерениям псевдодальности на двух частотах «TECcode 1.0» / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. А. Кислицын, М. И. Рябова.: правообладатель ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет». – дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 04.06.14. Дата публикации 20.07.2014.

25. *Ясюкевич, Ю. В.* Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мыльникова, В.В. Демьянов и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3(19). – С. 18-29.

26. *Ясюкевич, Ю.В.* Исследование околоземного космического пространства с использованием глобальных навигационных спутниковых систем / Ю.В. Ясюкевич, Н.П. Перевалова, В.В. Демьянов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М.Ф. Решетнева. – 2013. – Вып.6(52). – С.93-100.

27. Мыльникова, А.А. Методика определения абсолютного полного электронного содержания с использованием глобальных навигационных спутниковых систем / А.А. Мыльникова, Ю.В. Ясюкевич, В.В. Демьянов // XXIV Всеросс. науч. конф. «Рас-

пространение радиоволн (РРВ-24)», посв. 100-летию со дня рождения профессора В.М. Полякова. 29 июня – 5 июля 2014 г., Иркутск: труды конференции. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2014. – Т.1. – С. 249-252.

Статья поступила в редакцию 15.05.15.

Для цитирования: Кислицын А. А. Алгоритмы определения временных вариаций полного электронного содержания верхней атмосферы Земли // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 27-40.

Информация об авторе

КИСЛИЦЫН Алексей Александрович – аспирант кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – исследование ионосферы Земли, радионавигационные системы связи. Автор 23 публикаций.

UDC 550.388

ALGORITHMS OF DETERMINATION OF TIME VARIATIONS OF TOTAL ELECTRON CONTENT IN THE UPPER ATMOSPHERE OF THE EARTH

A. A. Kislitsin

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: KislitsinAA@volgatech.net

Key words: total electron content; transionospheric sounding; phase pseudorange measurements; code pseudorange measurements; IRI-2012.

ABSTRACT

Introduction. One of modern techniques of the investigation of the ionosphere and dynamic processes in it is the method of transionospheric sounding by signals of satellite navigation systems GLONASS/GPS. The essence of the transionospheric sounding method is in the determination of the total electron content (TEC) of the ionosphere. TEC is the main characteristic, determining the change of radio navigation signal parameters. The problem of the creation of techniques for the processing of navigation measurement results, which allow determining key parameters for the calculation of TEC of the ionosphere, is urgent. The **purpose** of the work is the development of algorithms and tools for the determination of time variations of the total electron content based on code and phase measurements; the estimation of TEC on the basis of the data of computing and full-scale experiments. **Experiment technique and TEC determination algorithms.** For the problems of the measurement of key parameters of a transionospheric radio channel, the hardware-software complex, including a special-purpose navigation receiver NovAtel FlexPak-V2 with the antenna NovAtel GPS-702 GG and a personal computer was used. For the computing experiment, the algorithm for constructing TEC diurnal variations, using the international model IRI-2012 was applied. As initial parameters of the model during calculations, the solar activity level, defined by the Wolf number, date, time and geographic coordinates of the investigated point on the Earth taking into account the height of suspending the antenna were considered. The determination of TEC values, based on double-frequency phase measurements using the data of terrestrial receivers GLONASS/GPS was carried out in the program module TECphase 1.0. As the measured parameter, the phase difference of two carrier radio navigation signals was used. In the algorithm of the TEC calculation according to code pseudorange measurements at two frequencies, the measured parameter is signal propagation time (delay time τ between the moment of emission and the radio navigation signal registration moment). For the calculation of the absolute vertical TEC, the algorithm, based on simultaneous application of phase and group measurements of TEC and the simple model of TEC measurements, considering differential code delays was used. **Results.** The analysis of different algorithms of the determination of diurnal variations of total electron content values in the ionosphere of the Earth was conducted. The method of the TEC calculation according to phase measurements has high accuracy, during code measurements, a fairly high noise level in comparison with other measurement methods is observed. The results, obtained according to model and experiment data, agree. Season and diurnal periods of maximum values of the total electron content were experimentally found, the statistical estimation was received.

The work was carried out with the grant support of RFBR: projects № 13-07-00371; 13-02-00524; 15-07-05280; 15-07-05294; Grants of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 3.2695.2014/K, № 8.2697.2014/K, № 2276, № 2247; RSF № 15-19-10053.

Acknowledgements

The author would like to express his sincere appreciation to V. A. Ivanov, N. V. Ryabova for the discussion of the work and constructive criticism.

REFERENCES

1. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Chernov A. A. Mnogomernyy vysokochastotnyy radiokanal i eksperimental'nye issledovaniya ego osnovnykh kharakteristik [Multidimensional High-frequency Radio Channel and Experimental Research on its Major Characteristics]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2013. Vol.18, № 8. Pp.40-48.
2. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova N.V., Maltsev A.V. Adaptivnoe obnaruzhenie i vydelenie shirokopolosnogo signala s lineinoy chastotnoy modulyatsiey pri szhatii ego v chastotnoy oblasti [Adaptive Detection and the Extraction of a Broadband Signal with Linear Frequency Modulation During its Compression in Frequency Domain]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, № 8. Pp. 34-45.
3. Ivanov D. V. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Elsukov. A. A et al. SDR-ionozond s nepreryvnym LCHM-signalom na platforme USRP [SDR-ionosonde with a Continuous LFM –signal on the USRP Platform]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. №3 (19). Pp.80-93.
4. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Opredelenie osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramnogo ionozonda [Determination of Basic Parameters of Multidimensional Short-wave Radio Channel with the Use of Panoramic Ionosonde]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. No 2. (12) Pp. 15-23.
5. Ivanov V. A., Katkov E. V., Chernov A. A. Ustroistvo i algoritmy sinkhronizatsii radiotekhnicheskikh system svyazi i zondirovaniya ionosfernykh vysokochastotnykh radiokanalov [The Construction and Synchronization Algorithms of Radio Engineering Communication Systems and Ionospheric High-Frequency Radio Channel Sounding]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. No 2 (9). Pp. 114-126.
6. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M.I. et al. Issledovaniya korrektsii dispersionnykh iskazheniy, voznikayushchikh v ionosfernykh radiokanalakh s polosoi 1 MGts [Investigations of the Correction of Dispersive Distortions Arising in Ionospheric Radio Channels with a Band 1 MHz]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2008. Vol. 13. № 8. Pp. 58-66.
7. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Kolchev A. A. Korrektsiya shirokopolosnykh korotkovolnovykh ionosfernykh radiokanalov [Correction of Broadband Short-Wave Ionospheric Radio Channels]. *Radio Engineering and electronics*. 2003. Vol. 48, № 6. Pp. 688-697.
8. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Zondirovanie ionosfernykh kanalov vysokochastotnoy svyazi s poverkhnosti Zemli [The Sounding of the Ionospheric Channels of High-frequency Communication from the Surface of the Earth]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2008. № 1 (2). Pp. 3-20.
9. Ivanov V.A., Katkov E.V., Ryabova M.I., Chernov A.A. Kanal'nye parametry rasseyaniya dlya sredneshirotnoy ionosfery [Channel Dispersion Parameters for the Middle-latitude Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3 (13). Pp. 93-101.
10. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I. Issledovanie faktorov, privodyashchikh k iskazheniyu vysokochastotnykh signalov s rasshirennym spektrom pri ikh kvazizenitnom rasprostraneni v ionosfere [The Research on the Factors Leading to the Distortion of High-frequency Spread-spectrum Signals during their Quasi-zenithal Propagation in the Ionosphere]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2011. Vol. 16, № 8. Pp.33-39.
11. Ivanov V. A., Chernov A. A. Razvitie teorii sinkhronizatsii RTS dekametrovoy svyazi i panoram-

nogo zondirovaniya ionosfery [The Development of Synchronization Theory of Radio Engineering Systems of Decameter Communication and Panoramic Ionospheric Sounding]. *Telekommunikatsii* [Telecommunications]. 2012. № 2. Pp. 16-22.

12. Afraimovich E. L., Perevalova N. P. *GPS-monitoring verkhney atmosfery Zemli* [GPS-Monitoring of the Upper Earth's Atmosphere]. Irkutsk: Izd-vo GU NTs RVKh VSNTs SO RAMN, 2006. 480 p.

13. Ivanov V. A., Zhelonkin A. Yu., Ryabova N. V., Zuev A. V. Vliyanie geomagnitnykh vozmushcheniy na polnoe elektronnoe sodержание ionosfery [The Influence of Geomagnetic Disturbance on Full Electronic Content of the Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo uni-versiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 1(11). Pp. 24-30.

14. Bilitza, D. International Reference Ionosphere 2000. D. Bilitza. *Radio Sci.* 2001. Vol. 36, № 2. Pp. 264-275.

15. Givishvili G.V., Danilkin N.P., Zhibanov G.A. et al. Ob osobennostyakh transionosfernogo zondirovaniya s borta geostatsionarnogo ISZ [On Singularities of Transionospheric Sounding from Geostationary AES]. *Trudy XXIII Vseross. nauchn. konf. «Rasprostraneniye radiovoln» RRV-23* [Proceedings of XXIII All-Russian Scientific Conference «Propagation of Radio Waves» PRW-23]. 2011. Vol. 1. Pp. 307-310.

16. Danilkin N.P., Zhibanov G.A., Zhuravlev S.V. et al. Transionosfernoe radiozondirovanie – metod diagnostiki nalichiya ionosfernykh neodnorodnostey [Transionospheric Radio Sounding – Testing Procedure of Ionospheric Inhomogeneity Availability]. *Geliogeofizicheskie issledovaniya* [Heliogeophysical Research] [Electronic Journal]. 2012. Iss. 1. Access mode: <http://vestnik.geospace.ru/issues/iss1/article3.pdf> Reference date: 15.04.15).

17. Vlasov A.A., Kuz'minykh E.V., Chukin V.V. Otsenka sposobov opredeleniya polnogo elektronno go sodержaniya v ionosfere [Estimation of Determination Techniques of Total Electron Content in the Ionosphere]. *Vserossiyskie radiofizicheskie nauchnye chteniya-konferentsii pamyati N.A. Armand. Sb. dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii (Murom, 28 iyunya – 1 iyulya 2010 g.)* [All-Russian Radiophysical Scientific Readings-Conferences in memory of N. A. Armand. Proceedings of Scientific Conference (Murom, June 28-July 1, 2010). Murom: Izd.-poligraficheskiy tsentr MI VIGU, 2010. Pp. 269-271.

18. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Kislitsin A. A. et al. Vliyanie klimaticheskikh i geofizicheskikh yavleniy na pomekhoustoychivost' priema radionavigatsionnykh signalov sistem GLONASS/GPS [Investigation of the influence of meteorological conditions

and cosmic weather on the interference immunity of radio navigational GLONASS/GPS signals]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo uni-versiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3 (13). Pp. 25-35.

19. Ivanov, V. A. Ryabova N. V., Zuev A. V. et al. Vliyanie klimaticheskikh i geofizicheskikh yavleniy na pomekhoustoychivost' priema radionavigatsionnykh signalov sistem GLONASS/GPS [Influence of Climatic and Geophysical Phenomena on the Interference Immunity of the Reception of Radio Navigation Signals of GLONASS/GPS Systems]. *Radiofizicheskie metody v distantsionnom zondirovanii sred: Materialy V Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (Murom, 26-28 iyunya 2012 g.)* [Radiophysical Methods in Remote Sensing of Mediums: Proceedings of V All-Russian Scientific Conference (Murom, June 26-28, 2012)]. Murom: Izd.-poligraficheskiy tsentr MI VIGU, 2012. Pp. 558-563.

20. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Ryabova M. I., Kislitsin A. A. Eksperimental'noe opredelenie polnogo elektronno go sodержaniya v ionosfere nad Yoshkar-Oloy s ispol'zovaniem tekhnologiy GLONASS/GPS [Experimental Determination of Total Electron Content in the Ionosphere over Yoshkar-Ola Using GLONASS/GPS Technologies]. *Sverkhshirokopolosnye signaly v radiolokatsii, svyazi, i akustike: materialy IV Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (III Vserossiyskie Armandovskie chteniya)* [Ultra Broadband Signals in Radiolocation, Communication and Acoustics: Proceedings of IV All-Russian Scientific Conference (III Armand Readings)]. Murom: Izd.-poligraficheskiy tsentr MI VIGU, 2013. Pp. 101-105.

21. Maltseva O.A., Poltavsky O.S., Chin K.T. Vozmozhnosti uluchshennoy modeli ionosfery pri opredelenii usloviy rasprostraneniya radiovoln [Capabilities of the Improved Ionosphere Model During the Determination of Radio Wave Propagation Conditions]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. № 6. Pp. 34-41.

22. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Kislitsin A. A., Ryabova M. I. Programma postroeniya sutochnykh variatsiy polnogo elektronno go sodержaniya po dvukhchastotnym fazovym izmereniyam psevdodal'nosti «TECphase 1.0» [The Program for Constructing Diurnal Variations of Total Electron Content According to Double-Frequency Phase Measurements of Pseudorange «TECphase 1.0»]. The Certificate of state registration of the computer program, RF, № 2014615836. 2014.

23. Smirnov V. M., Smirnova E.V. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya sputnikovyykh navigatsionnykh sistem dlya monitoringa seysmicheskikh

yavleniy [Investigation of the Possibility of Satellite Navigation System Application for Seismic Event Monitoring]. *Voprosy elektromekhaniki* [Electromechanics problems]. 2008. Vol. 105. Pp. 94-104.

24. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Kislitsin A. A., Ryabova M. I. Programma postroeniya sutochnykh variatsiy polnogo elektronnoy soderzhaniya po kodovym izmereniyam psevdodal'nosti na dvukh chastotakh «TECcode 1.0» [The Program for Constructing Diurnal Variations of Total Electron Content According to Code Measurements of Pseudorange at Two Frequencies «TECcode 1.0»]. The Certificate of state registration of the computer program, RF, № 2014615841, 2014.

25. Yasyukevich Yu. V., Mylnikova A. A., Demyanov V. V. et al. Sutochnaya dinamika vertikal'nogo polnogo elektronnoy soderzhaniya nad gorodami Irkutsk i Yoshkar-Ola po dannym GPS/GLONASS i modeli IRI-2012 [Diurnal Dynamics of the Vertical Total Electron Content over the Cities Yoshkar-Ola and Irkutsk According to the Data of GPS/GLONASS and the Model IRI-2012]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 3 (19). Pp. 18-29.

26. Yasyukevich Yu.V., Perevalova N.P., Demyanov V.V. Issledovanie okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva s ispol'zovaniem global'nykh navigatsionnykh sputnikovyykh sistem [Investigation of Near-Earth Space Using Global Navigation Satellite Systems]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. M.F. Reshetneva* [Bulletin of Siberian State Aerospace University named after M. F. Reshetnev]. 2013. Iss.6 (52). Pp.93-100.

27. Mylnikova A.A., Yasyukevich Yu.V., Demyanov V.V. Metodika opredeleniya absolyutnogo polnogo elektronnoy soderzhaniya s ispol'zovaniem global'nykh navigatsionnykh sputnikovyykh sistem [The Methods of the Determination of Absolute Total Electron Content Using Global Navigation Satellite Systems]. *XXIV Vseross. nauch. konf. «Rasprostraneniye radiovoln (RRV-24)», posv. 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.M. Polyakova. 29 iyunya - 5 iyulya 2014 g., Irkutsk: trudy konferentsii* [Proceedings of XXIV All-Russian Scientific Conference «Propagation of Radio Waves (PRW-24)», dedicated to the 100th anniversary of Professor V. M. Polyakov. June 29-July 5, 2014. – Irkutsk: Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2014. Vol.1. Pp. 249-252.

The article was received 15.05.15.

Citation for an article: Kislitsin A. A. Algorithms of determination of time variations of total electron content in the upper atmosphere of the Earth. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2015. No 2 (26). Pp. 27-40.

Information about the author

KISLITSIN Aleksey Aleksandrovich – a postgraduate student of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the research on the Earth's ionosphere, radio navigation communication systems. The author of 23 publications.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК 351.814.2

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОГО ПОЛЁТА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Р. Э. Ирмалиев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Российская Федерация, 394064, Воронеж, ул. Старых большевиков, 54А
E-mail: ramazan@irmaliev.ru

Показана необходимость введения и рассмотрения категории информационной модели безопасного полёта. Предложены варианты представления существующей и перспективной информационной моделей безопасного полёта на основе применения бортовой информационной системы безопасности полёта воздушного судна. Использование контура реальной безопасности полёта и контура документированной безопасности полётов позволяют представить информационную модель безопасного полёта в детерминированном виде относительно известных авиационных событий.

Ключевые слова: безопасность полётов; авиационная система; информационная модель безопасного полёта; бортовая информационная система; воздушное судно.

Список литературы

1. Терехов, С. А. Нейросетевые информационные модели сложных инженерных систем / А. Н. Горбань, В. Л. Дунин-Барковский, А. Н. Кирдин и др. – Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с.
2. Воздушный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон № 60-ФЗ от 19 марта 1997 года (с изменениями на 14 октября 2014 года). – М.: КноРус, 2014. – 80 с.
3. Положения о Службе безопасности полетов авиации Вооруженных сил Российской Федерации. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 20 ноября 2001 г. № 801. – М., 2001. – 9 с.
4. Правила расследования авиационных происшествий и авиационных инцидентов с государственными воздушными судами в Российской Федерации (ПРАПИ-2000). Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 2 декабря 1999 г. № 1329. С изменениями и дополнениями от 30 января 2008 г., 7 декабря 2011 г. – М.: Военное издательство, 2012. – 120 с.
5. Руководство по предотвращению авиационных происшествий с государственными воздушными судами в Российской Федерации (РПАП-2002) – М.: Военное издательство, 2002. – 136 с.
6. Меньшов, А.И. Человек в системе управления летательными аппаратами (эргономика) / А.И. Меньшов, Г.И. Рылский – М.: Машиностроение, 1976. – 192 с.
7. Зараковский, Г.М. Введение в эргономику / Г.М. Зараковский, Б.А. Королев, В.И. Медведев и др.; Под ред.: В.П. Зинченко (Ред.). – М.: Советское радио, 1974. – 352 с.
8. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). ИКАО, Документ ИКАО Doc. 9859 AN/474. Издание третье, 2013. – 297 с.
9. Конвенция о международной гражданской авиации ИКАО, Документ ИКАО Doc. 7300/9. Издание девятое, 2006. – 51 с.
10. Жмеренецкий, В.Ф. Активное обеспечение безопасности полета летательного аппарата: методология, модели, алгоритмы / В.Ф. Жмеренецкий, К.Д. Полулях, О.Ф. Акбашев. – М.: Издательство «Ленанд», 2014. – 320 с.
11. Психологический анализ летных происшествий и предпосылок к ним. Методическое пособие под рук. Пономаренко В.А. – М.: Военное издательство, 1990. – 40 с.

Статья поступила в редакцию 15.05.15.

Для цитирования: Ирмалиев Р. Э. Информационная модель безопасного полёта воздушного судна // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и информационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 41-49.

Информация об авторе

ИРМАЛИЕВ Рамазан Эльдусович – кандидат военных наук, доцент, начальник кафедры боевой подготовки и безопасности полётов командного факультета, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». Область научных интересов – безопасность полётов авиации. Автор 101 публикации.

UDC 351.814.2

INFORMATION MODEL OF THE SAFE FLIGHT OF AIRCRAFT

R. E. Irmaliev

Military Educational and Scientific Centre of the Air Force «The Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin»,
54A, Starykh Bolshevikov Street, Voronezh, 394064, Russian Federation
E-mail: ramazan@irmaliev.ru

Key words: flight safety; aviation system; safe flight information model; on-board information system; aircraft.

ABSTRACT

Introduction. For rational creating of the information support system for state aviation flight safety in the Russian Federation, it is necessary to develop the information model of the safe flight of aircraft, which is the instrument for the modeling of information support processes of the flight safety control system in general. The **purpose** of the work is the creation of the information model of the safe flight of aircraft for the modeling of flight safety control processes, during flight organization, preparation and execution. The use of the airborne information system for flight safety control allows making a comparison and determining the state of flight safety in automatic mode without a pilot or an aviation specialist of the ground-based point of control. The decision on flight safety is made on the basis of the comparison of the set of current controlled events with the documented flight safety contour. The contour of real flight safety differentiates probable states of aviation events, when there is a possibility and there is no possibility to prevent an air accident. For the solution of aviation event state control problems without human involvement, it is necessary to create the onboard system of aircraft flight safety control with elements of artificial intelligence. In the onboard system of aircraft flight safety control, the problems of multiobjective optimization and the selection of the priority must be solved. However, there is initial information for the solution to these problems on board the aircraft. **Results.** The variant of the safe flight information model, capable of defining concretely the image of elements of the flight safety information support system and finding the determinate connection between the set of simple events, occurring in an aviation event and their issue is suggested. The introduction of the safe flight information model will allow raising the issue of creating a new classification of dangerous factors (causes) of air accidents and the possibility of automated investigation into aviation events.

REFERENCES

1. Terekhov S. A., Gorban A. N., Dunin-Barkovsky V. L., Kirdin A. N. et al. Neyrosetevye informatsionnye modeli slozhnykh inzhenernykh sistem [Neural Network Information Models of Complex Engineering Systems]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe predpriyatie RAN, 1998. 296 p.
2. Vozdushnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii. Federal'nyy zakon № 60-FZ ot 19 marta 1997 goda (s izmeneniyami na 14 oktyabrya 2014 goda) [The Air Code of the Russian Federation. Federal Law № 60-FZ from March 19, 1997 (with changes on October 14, 2014)]. Moscow: KnoRus, 2014. 80 p.

3. Polozheniya o Sluzhbe bezopasnosti poletov aviatsii Vooruzhennykh sil Rossiyskoy Federatsii. Utverzhdeno postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 20 noyabrya 2001 g. № 801. [Regulations on Aviation Flights Safety Service of the Armed Forces of the Russian Federation. Approved by № 801 Decree of the Government of the Russian Federation of November 20, 2001]. Moscow, 2001. 9 p.

4. Pravila rassledovaniya aviatsionnykh proissheshtviy i aviatsionnykh insidentov s gosudarstvennymi vozдушными судами v Rossiyskoy Federatsii (PRAPI-2000). Utverzhdeny Postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 2 dekabrya 1999 g. № 1329. S izmeneniyami i dopolnleniyami ot: 30 yanvarya 2008 g., 7 dekabrya 2011 g. [Rules of Investigation into Air Accidents and Aviation Incidents Involving State Aircraft in the Russian Federation. Approved by № 1329 Decree of the Government of the Russian Federation of December 2, 1999. Changed and Completed on January 30, 2008, December 7, 2011]. Moscow: Voennoe izdatel'stvo, 2012. 120 p.

5. Rukovodstvo po predotvrashcheniyu aviatsionnykh proissheshtviy s gosudarstvennymi vozдушными судами v Rossiyskoy Federatsii (RPAP-2002) [Guidelines for Prevention of Air Accidents Involving State Aircraft in the Russian Federation]. Moscow: Voennoe izdatel'stvo, 2002. 136 p.

6. Menshov A.I., Rylsky G.I. Chelovek v sisteme upravleniya letatel'nyimi apparatami (ergonomika) [A

Man in the Aircraft Control System (Ergonomics)]. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 192 p.

7. Zarakovsky G.M., Korolev B.A., Medvedev V.I. et al. Vvedenie v ergonomiku [Introduction to Ergonomics] Edited by: V.P. Zinchenko (Edit.). Moscow: Sovetskoe radio, 1974. 352 p.

8. Rukovodstvo po upravleniyu bezopasnost'yu poletov (RUBP). ICAO, Dokument IKAO Doc. 9859 AN/474. [Guidelines for Flight Safety Control. ICAO, Document ICAO Doc. 9859 AN/474]. The third edition, 2013. 297 p.

9. Konventsia o mezhdunarodnoy grazhdanskoj aviatsii ICAO, Dokument IKAO Doc. 7300/9. [The Convention on International Civil Aviation ICAO, Document ICAO Doc. 7300/9]. The ninth edition, 2006. 51 p.

10. Zhmerenetsky V.F., Polulyakh K.D., Akbashev O.F. Aktivnoe obespechenie bezopasnosti poleta letatel'nogo apparata: metodologiya, modeli, algoritmy [Active Support of Aircraft Flight Safety: Methodology, Models, Algorithms]. Moscow: Izdatel'stvo «Lenand», 2014. 320 p.

11. Psikhologicheskiy analiz letnykh proissheshtviy i predposylok k nim [Psychological Analysis of Flight Incidents and their Preconditions]. Guidelines directed by Ponomarenko V.A. Moscow: Voennoe izdatel'stvo, 1990. 40 p.

The article was received 15.05.15.

Citation for an article: Irmaliev R. E. Information model of the safe flight of aircraft. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2015. No 2 (26). Pp. 41-49.

Information about the author

IRMALIEV Ramazan Eldusovich – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, the Head of the Chair of Combat Training and Flight Safety of the Command Faculty, Military Educational and Scientific Centre of the Air Force «The Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin». The sphere of scientific interests is aviation flight safety. The author of 101 publications.

УДК 621.391

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСТОВОВ ДЛЯ ОЦИФРОВКИ СИГНАЛОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА БИНАРНЫХ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

К. О. Иванов

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: Konstantin4002000@gmail.com

Разработан метод получения цифровых дискретных отсчётов сигналов, записанных на бумажных носителях, по их бинарным растровым изображениям. Бинаризация изображений осуществляется путём использования существующих методов сегментации изображений. Для выделения полезной информации бинаризованное изображение подвергается серии морфологических преобразований, в том числе поиску скелета изображения с последующим преобразованием Хафа для удаления изображений посторонних объектов. Ввод цифровых данных графиков сигналов осуществляется путём прослеживания контуров на результирующей бинарной сцене.

Ключевые слова: заполнение отверстий; контурный анализ; математическая морфология; остов изображения; преобразование Хафа; прослеживание контуров; разработка метода оцифровки графической информации по растровым изображениям; усечение; цифровая обработка изображений.

Список литературы

1. Иванов, К. О. Программное обеспечение для помехоустойчивой оцифровки аналоговых ЭЭГ, записанных на бумажных носителях / К. О. Иванов, В. В. Севастьянов, Я. А. Фурман // Медицинская техника: Научно-технический журнал. – 2015. – № 1. – С. 30-32.
2. Ballard, D. H. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes / D. H. Ballard // Pattern recognition. – 1981. – Vol. 13, № 2. – Pp. 111-122.
3. Гонсалес, Р. С. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
4. Фурман, Я.А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передеев и др. – М.: Физматлит, 2002. – 592 с.
5. Гонсалес, Р. С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
6. Иванов, К. О. Алгоритм заполнения отверстий с оценкой их параметров при морфологической реконструкции бинарных изображений / К. О. Иванов // Компьютерная оптика. – 2015. – № 2 (39). – С. 281-286.
7. Blum, Harry. A Transformation for Extracting New Descriptors of Shape / Harry Blum // Models for the Perception of Speech and Visual Form. – Cambridge: MIT Press, 1967. – Pp. 362–380.
8. Местецкий, Л. М. Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры / Л. М. Местецкий. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 288 с.
9. Heijmans, Henk J.A.M. Mathematical Morphology and its Application to Image and Signal Processing / Henk J.A.M. Heijmans, Jos B.T.M. Roerdink. – Springer Science & Business Media, 1998. – 442 p.
10. Shih, Frank Y. Image processing and mathematical morphology. Fundamentals and application / Frank Y. Shih. – CRC Press, 2009. – 415 p.
11. Laganier, Robert. OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook / Robert Laganier. – Birmingham: Packt Publishing, 2011. – 287 p.
12. Севастьянов, В. В. Комбинированный подход к анализу изображений аналоговых электроэнцефалограмм с целью получения цифровых дискретных отсчётов / В. В. Севастьянов, К. О. Иванов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 55-66.

Статья поступила в редакцию 20.04.15.

Для цитирования: Иванов К. О. Использование морфологических остовов для оцифровки сигналов, представленных на бинарных растровых изображениях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 50-60.

Информация об авторе

ИВАНОВ Константин Олегович – аспирант кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов. Автор 15 публикаций.

UDC 621.391

THE USE OF MORPHOLOGICAL SKELETONS FOR DIGITIZING SIGNALS, PRESENTED IN BINARY BITMAP IMAGES

K. O. Ivanov

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: Konstantin4002000@gmail.com

Key words: hole filling; contour analysis; mathematical morphology; image skeleton; Hough transform; contour tracing; development of the method of graphic information digitizing using bitmap images; truncation; digital image processing.

ABSTRACT

The work shows the importance of digitizing graphs using their bitmap images and its application in experimental data processing. The **purpose** of the research work is the development of the antijamming graphic data digitizing method. Graph images, obtained by the image scanner, are considered. These images can be represented in vector space RGB or they are defined by pixel brightness values. The known segmentation methods of color and gray-scale images are considered. The main problems with digitizing graphs according to their segmented images and their solutions are shown. The advantages of using morphological skeletons of graph images for their digitizing are demonstrated. **Results.** According to the graphs digitizing algorithm, suggested in the article, at the initial stage the segmentation of scanned images is implemented. The result of segmentation is a binary image with selected graphs and grid lines. The segmented image generally contains holes. The holes in the binary image are small areas that consist of background pixels and they are located inside the image objects. The holes on the segmented images of graphics make it difficult to build their skeletons, similar in shape to the image. To remove holes, the algorithm for holes filling based on the evaluation of the parameters of their contours is offered. After holes filling, the image skeleton is constructed. If graphs images contain grid lines, they are removed after the skeletonization, using the Hough transform to search for straight lines. To obtain digital samples of analog graphs, their skeletons contour tracking according to the algorithm, suggested by Rozenfeld, is carried out. Possible gaps in signals, arising from grid lines removal, are filled in using linear interpolation. Practical significance. The use of the contour analysis considerably increases the interference resistance of the proposed method due to the removal of low-sized objects of an image, which is a hindrance.

REFERENCES

1. Ivanov K. O., Sevastyanov V. V., Furman Ya. A. Programmnoe obespechenie dlya pomekhoustoychivoy otsifrovki analogovykh EEG, zapisannykh na bumazhnykh nositelyakh [Software for Antijamming Digitizing of Analog EEG Recorded on Paper Carriers]. *Meditsinskaya tekhnika: Nauchno-tekhnicheskiy zhurnal* [Medical equipment: Scientific and technical journal]. 2015. № 1. Pp. 30-32.
2. Ballard D. H. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. *Pattern recognition*. 1981. Vol. 13, №. 2. Pp. 111-122.
3. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital image processing. Prentice Hall, 2007. 976 p.
4. Furman Ya.A. Krevetsky A.V., Peredreev A.K. et al. *Vvedenie v konturnyy analiz i ego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov* [Introduction to Contour Analysis and its Applications to Image and Signal Processing]. Moscow: Fizmatlit, 2002. 592 p.
5. Gonzalez R. C., Woods R. E., Eddins S. L. Digital image processing using MATLAB. Pearson Education India, 2004. 827 p.
6. Ivanov, K. O. Algoritm zapolneniya otverstiy s otsenkoy ikh parametrov pri morfologicheskoy

rekonstruktsii binarnykh izobrazheniy [The Algorithm of Holes Filling with the Estimation of their Parameters during Morphological Reconstruction of Binary Images]. *Komp'yuternaya optika* [Computer optics]. 2015. № 2 (39). Pp. 281-286.

7. Blum Harry. A Transformation for Extracting New Descriptors of Shape. Models for the Perception of Speech and Visual Form. Cambridge: MIT Press, 1967. Pp. 362–380.

8. Mestetsky L. M. Nepreryvnaya morfologiya binarnykh izobrazheniy: figury, skelety, tsirkulyary [Continuous Morphology of Binary Images: Figures, Skeletons, Circularity]. Moscow: FIZMATLIT, 2009. 288 p.

9. Heijmans Henk J.A.M., Jos B.T.M. Roerdink Mathematical Morphology and its Application to Image and Signal Processing. Springer Science & Business Media, 1998. 442 p.

10. Shih Frank Y. Image processing and mathematical morphology. Fundamentals and application. CRC Press, 2009. 415 p.

11. Laganier Robert. OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook. Birmingham: Packt Publishing, 2011. 287 p.

12. Sevastyanov V. V., Ivanov K. O. Kombinirovanny podkhod k analizu izobrazheniy analogovykh elektroentsefalogramm s tsel'yu polucheniya tsifrovyykh diskretnyykh otschetov [The Combined Approach to the Analysis of Analog Electroencephalogram Images with the Purpose of Obtaining Digital Discrete Samples]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. № 2 (21). Pp. 55-66.

The article was received 20.04.15.

Citation for an article: Ivanov K. O. The use of morphological skeletons for digitizing signals, presented in binary bitmap images. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2015. No 2 (26). Pp. 50-60.

Information about the author

IVANOV Konstantin Olegovich – a postgraduate student of the Chair of Medical - Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images and signals. The author of 15 publications.

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 537.962.226.8

СОГЛАСОВАНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННЫ, ПОКРЫТОЙ СЛОЕМ ДИЭЛЕКТРИКА И ВОЗБУЖДАЕМОЙ СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИЕЙ В ОБЪЁМНОМ РЕЗОНАТОРЕ С ВОЗДУШНЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ

О. Ш. Даутов, Ибрахим Салем

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,
Российская Федерация, 420111, Казань, ул. К. Маркса, 10
E-mail: salemibrahim@mail.ru

Предложена эквивалентная схема одиночного щелевого излучателя под однородным плоским диэлектрическим покрытием, возбуждаемого симметричной полосковой линией (СПЛ) в резонаторе с однородным заполнением, с помощью которой осуществляется согласование антенны на заданной частоте. Это позволяет оперативно выбрать начальные размеры щели с учётом покрытия, достаточно близко соответствующие режиму согласования, которые могут быть при необходимости уточнены с помощью существующих программных средств и средств эксперимента.

Ключевые слова: прямоугольная щелевая антенна; объёмный резонатор с воздушным заполнением; эквивалентная схема; диэлектрический слой.

Список литературы

1. Красюк, В.Н. Антенны СВЧ с диэлектрическими покрытиями / В. Н. Красюк // Антенны СВЧ с диэлектрическими покрытиями. – Л.: Судостроение, 1986. – 164 с.
2. Панченко, Б.А. Микрополосковые антенны / Б.А. Панченко, Е.И. Нефёдов. – М.: Радио и связь, 1986. – 144 с.
3. Даутов, О.Ш. Влияние плоского диэлектрического укрытия на характеристики щелевых антенн / О.Ш. Даутов, Ибрахим Салем // Вестник КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева. – 2012. – № 4, Вып.1. – С. 124 – 130.
4. Даутов, О.Ш. Исследование диаграммы направленности и частоты согласования прямоугольной щелевой антенны, покрытой слоем диэлектрика и возбуждаемой симметричной полосковой линией в объёмном резонаторе / О.Ш. Даутов, Ибрахим Салем // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 71-79.
5. Даутов, О.Ш. Возбуждение диэлектрического покрытия щелевой антенной / О. Ш. Даутов, Ибрахим Салем // Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций»: матер. Всеросс. НТК. – Самара: СГАУ, 2012. – С.63-65.
6. Даутов, О.Ш. Эквивалентная схема щелевой антенны, возбуждаемой симметричной полосковой линией в объёмном резонаторе с воздушным заполнением / О.Ш. Даутов, Н.Г. Воробьев, Ибрахим Салем // Антенны. – 2013. – № 6. – С. 23–27.
7. Даутов, О.Ш. Прямоугольная щель в стенке резонатора с однородным заполнением как элемент СВЧ-схемы / О.Ш. Даутов, Н.Г. Воробьев, Ибрахим Салем // X Международная IEEE Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2013, International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 12–13, 2013. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR.

Статья поступила в редакцию 24.04.15.

Для цитирования: Даутов О. Ш., Ибрахим Салем. Согласование прямоугольной щелевой антенны, покрытой слоем диэлектрика и возбуждаемой симметричной полосковой линией в объёмном резонаторе с воздушным заполнением // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 61-66.

Информация об авторах

ДАУТОВ Осман Шакирович – доктор технических наук, профессор кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ). Область научных интересов – антенны в неоднородных средах, электромагнитное зондирование и воздействие. Автор 105 публикаций.

ИБРАХИМ САЛЕМ – аспирант кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ). Область научных интересов – антенны в неоднородных средах, моделирование устройств СВЧ. Автор девяти публикаций.

UDC 537.962.226.8

MATCHING OF THE RECTANGULAR SLOT ANTENNA, COVERED BY THE DIELECTRIC LAYER AND EXCITED BY A SYMMETRICAL STRIP LINE IN THE RESONANT CAVITY FILLED WITH AIR

O. Sh. Dautov, Ibrahim Salem

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI,
10, K. Marx Street, Kazan, 420111, Russian Federation
E-mail: salemibrahim@mail.ru

Key words: rectangular slot antenna; resonant cavity filled with air; equivalent circuit; dielectric layer.

ABSTRACT

Introduction. The results of the investigation of the matching of a rectangular slot antenna, covered by the dielectric layer and excited by a symmetrical strip line in the resonant cavity filled with air are considered. When designing antennas with dielectric layers, it is necessary to consider the influence of the latter on emission characteristics and, consequently, on the work of radio systems in general. Input resistance of each slot radiator depends on its position regarding dielectric coating, on its electrophysical parameters. However analysis tools appeared insufficiently effective when designing such antennas, because they don't allow choosing their parameters within a reasonable time. The solution to this problem is the generalization of analysis results in the form of equivalent antenna circuits. The **purpose** of the article is the modification of the equivalent circuit taking into account dielectric coating influence. **Results.** The suggested equivalent circuit of a single slot radiator under homogeneous flat dielectric coating is convenient for the analysis and design of slot antennas with strip power supply with increased requirements for matching and it is quite simple for calculation using MathCAD 14. In the unit Discussion of results it is shown that in the presence of coating, given resonant antenna frequency, corresponding to antenna matching in the absence of coating, decreases. To return to preset frequency in the presence of coating the change of the suggested equivalent circuit parameters and the decrease of slot length are required. The suggested equivalent circuit allows providing matching of the slot antenna in the presence of dielectric coating at a given frequency with the help of regulating slot length that is essential for the analysis and design of slot antennas with dielectric coating with strip power supply with increased requirements for radiators matching.

REFERENCES

1. Krasnyuk V.N. *Antennы SVCh s dielektricheskimi pokrytiyami* [Microwave Antennas with Dielectric Coating]. L.: Sudostroenie, 1986. 164 p.
2. Panchenko B.A., Nefyodov E.I. *Mikropoloskovye anteny* [Microstrip Antennas]. Moscow: Radio i svyaz', 1986. 144 p.
3. Dautov O. Sh., Ibrahim Salem. Vliyaniye ploskogo dielektricheskogo ukrytiya na kharakteristiki shchelevykh antenn [The Influence of the Flat Dielectric Cover on Slot Antenna Characteristics]. *Vestnik KNITU-KAI im. A.N. Tupoleva* [Bulletin of KSTU named after A. N. Tupolev]. 2012. № 4, Iss. 1. Pp. 124 – 130.
4. Dautov O.Sh., Ibrahim Salem. Issledovanie diagrammy napravlenosti i chastoty soglasovaniya pryamougol'noy shchelevooy anteny, pokrytoy sloem dielektrika i возбуждаемой симметричной полосковой линией в об'ёмном резонаторе [Investigation of Directivity Pattern and Matching Frequency of a Rectangular Slot Antenna, Covered by the Dielectric Layer and Excited by a Symmetric Strip Line in Resonant Cavity]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. №3 (19). Pp. 71-79.
5. Dautov O. Sh., Ibrahim Salem. Vozbuzhdeniye dielektricheskogo pokrytiya shchelevooy antennoy [The Excitation of the Dielectric Cover by a Slot Antenna]. *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Aktual'nye problemy radioelektroniki i telekommunikatsiy»: mater. Vseros. NTK* [The Proceedings of All-Russian Scientific and Technical

Conference «Urgent problems of Radio Electronics and Telecommunications». Samara: SSAU, 2012. Pp. 63-65.

6. Dautov O. Sh., Vorobyev N. G., Ibrahim Salem. Ekvivalentnaya skhema shchelevooy anteny, возбуждаемой симметричной полосковой линией в об'ёмном резонаторе с воздушным заполнением [The Equivalent Circuit of a Slot Antenna, Excited by a Balanced Strip Line in an Air-filled Cavity Resonator]. *Antenny* [Antennas]. 2013. № 6. Pp. 23–27.

7. Dautov O. Sh., Vorobyev N. G., Ibrahim Salem. Pryamougol'naya shchel' v stenke rezonatora s

odnorodnym zapolneniem kak element SVCH – skhemy. X mezhdunarodnaya IEEE Sibirskaya konferentsiya po upravleniyu i svyazi SIBCON-2013 [The Rectangular Slot in a Resonator Wall with Homogeneous Filling as an Element of Microwave Circuit. The Proceedings of the 10th International IEEE Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 12–13, 2013. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR.

The article was received 24.04.15.

Citation for an article: Dautov O. Sh., Ibrahim Salem. Matching of the rectangular slot antenna, covered by the dielectric layer and excited by a symmetrical strip line in the resonant cavity filled with air. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2015. No 1 (25). Pp. 61-66.

Information about the authors

DAUTOV Osman Shakirovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Radio Electronic and Telecommunication Systems at Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev (KNRTU-KAI). The sphere of scientific interests is antennas in inhomogeneous mediums, electromagnetic sounding and action. The author of 105 publications.

IBRAHIM SALEM – a postgraduate student of the Chair of Radio Electronic and Telecommunication Systems at Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev (KNRTU-KAI). The sphere of scientific interests is antennas in inhomogeneous mediums, microwave frequency device modeling. The author of 9 publications.

УДК 538.945:621.3

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТОЛСТОПЛЁНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

В. Н. Игумнов

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: inok.vl49@mail.ru

Приводятся результаты экспериментальных исследований и расчётов терморезистивных характеристик толстоплёночных резисторов до и после электроискровой подгонки. Предложена модель электропроводности толстоплёночных резисторов, учитывающая металлическую и термоактивные составляющие проводимости. Показано изменение параметров модели электропроводности, как влияние электроискровой подгонки.

Ключевые слова: модели электропроводности; терморезистивные характеристики; жидкофазное спекание; электроискровая подгонка.

Список литературы

1. Мартюшов, К.И. Проблемы резисторного материаловедения / К.И. Мартюшов // *Обзоры по электронной технике. Сер. 5. Радиодетали и компоненты.* – М.: ЦНИИ «Электроника», 1985. – Вып. 2. – 68 с.
2. Тюлевин, С.В. Устройство для подгонки толстоплёночных резисторов методом факельного разряда / С.В. Тюлевин, М.Н. Пиганов, Г.П. Шопин, А.В. Столбиков // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – 2014. – Т. 16, № 1(2). – С. 557-560.
3. Блинов, И. Д. Увеличение производительности при электроискровой подгонке групп резисторов / И. Д. Блинов, В. Н. Леухин // *Материалы Восьмой международной научной школы «Наука и инновации-2013» ISS «SI-2013».* – Йошкар-Ола: ГБОУ ДПО (ПК), 2013. – С. 116-119.
4. Намитоков, К.К. Электроэрозионные явления / К.К. Намитоков. – М.: Энергия, 1978. – 456 с.
5. Игумнов, В.Н. Формирование концентрационного профиля проводящей фазы в процессе термообработки толстоплёночных резистивных элементов / В.Н. Игумнов // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы.* – 2014. – № 5 (24). – С. 72-78.
6. Мачулка, Г.А. Лазерная обработка стекла / Г.А. Мачулка. – М.: Сов. Радио, 1979. – 136 с.
7. Игумнов, В.Н. Толстоплёночные элементы в электронике и микроэлектронике: монография / В.Н. Игумнов. – Йошкар-Ола, 2009. – 197 с. Деп. в ВИНТИ 04.06.09. №344-В.
8. Красов, В.Г. Толстоплёночная технология в СВЧ микроэлектронике / В.Г. Красов, Г.Б. Петраускас, Ю.С. Чернозубов. – М.: Радио и связь, 1985. – 168 с.

Статья поступила в редакцию 02.04.15.

Для цитирования: Игумнов В. Н. Модель электропроводности толстоплёночных резисторов // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы.* – 2015. – № 2 (26). – С. 67-74.

Информация об авторе

ИГУМНОВ Владимир Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – физика сверхпроводимости, криоэлектроника, плёночная электроника. Автор 111 публикаций, в т. ч. 35 патентов.

UDC 538.945:621.3

MODEL OF THICK-FILM RESISTOR ELECTROCONDUCTIVITY

V. N. Igumnov

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: inok.vl49@mail.ru

Key words: electroconductivity models; thermoresistive characteristics; liquid phase sintering; electric-spark adjustment.

ABSTRACT

Introduction. Thick-film resistive elements on the basis of conductor and other pastes are widely applied in electronics. However electric-spark and thermal adjustments of thick-film resistive elements have not been described in detail yet. As a rule, electro-physical parameters in the process of electric spark machining (electrical resistivity, electrical resistivity stability etc) are not fully controlled. The **purpose** of this work is the construction of the model of electroconductivity of thick-film resistive elements, the influence of thermal processing and electric-spark adjustment on this model. In this work the process of low-energy processing of a resistive layer by single spark impulses is considered. In this case the significance of the resistive layer evaporation is extremely small. **Results.** The problem for the model of the plane circular surface source of heat with equally distributed energy current density has been solved. The results of calculations of resistive material melt zone depth have been received. The model of resistive layer electroconductivity has been suggested. The suggested model has metal, tunnel- barrier and hopping electroconductivity components. If conducting phase particles are separated by thin (up to 100 Å) glass layers, then there's tunnel- barrier electroconductivity mechanism in this area. The surface area of the resistive layer is depleted by conducting phase particles in the process of firing. This layer acquires hopping electroconductivity. The high content of the conducting phase leads to the formation of a denser sintered layer and the growth of the metal component of electroconductivity. To check model adequacy, we received and investigated thermoresistive characteristics of resistive elements (TRC). **Conclusion:** 1. The results of the investigation of thick-film resistors TRC indicate the adequacy of the resistive layer electroconductivity model, suggested above; 2. This model considers processes in the resistive layer during thermal and electric spark machining.

REFERENCES

1. Martyushov K.I. Problemy rezistorogo materialovedeniya [Problems of Resistor Material Science]. *Obzory po elektronnoy tekhnike. Ser. 5. Radiodetali i komponenty* [Reviews of Electronic Engineering. Ser. 5. Radio Components]. Moscow: TsNII «Elektronika», 1985. Iss. 2. 68 p.
2. Tyulevin S.V., Piganov M.N., Shopin G.P., Stolbikov A.V. Ustroystvo dlya podgonki tolstoplenochnykh rezistorov metodom fakelnogo razryada [The Facility for the Adjustment of Thick-film Resistors by the Torch Discharge Method]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [The News of Samara Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences]. 2014. Vol. 16, № 1(2). Pp. 557-560.
3. Blinov I. D., Leukhin V. N. Uvelichenie pro-izvoditel'nosti pri elektroiskrovoy podgonke grupp rezistorov [Increase in Productivity during Electro-spark Resistor Group Adjustment]. *Materialy Vos'moy mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly «Nauka i inno-vatsii-2013» ISS «SI-2013»* [Proceedings of the Eighth International Scientific School «Science and Innovations-2013» ISS «SI-2013»]. Yoshkar-Ola: State Budget Educational Institution of Additional Professional Education, 2013. Pp. 116-119.
4. Namitkov K.K. *Elektroerozionnye yavleniya* [Electroerosion Phenomena]. K.K. Namitkov. Moscow: Energiya, 1978. 456 p.
5. Igumnov V. N. Formirovanie kontsentratsionnogo profilya provodyashchey fazy v protsesse termoobrabotki tolstoplenochnykh rezistivnykh elementov [Formation of the conducting phase concentration profile in the process of thick-film resistive element heat treatment]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. No 5 (24). Pp. 72-78.
6. Machulka G.A. Lazernaya obrabotka stekla [Laser Processing of Glass]. G.A. Machulka. Moscow: Sov. Radio, 1979. 136 p.
7. Igumnov V.N. Tolstoplenochnye elementy v elektronike i mikroelektronike: monografiya [Thick-film Elements in Electronics and Microelectronics:

Monograph]. Yoshkar-Ola, MARSTU. 2009. 197 p. All-Russian Institute of Scientific and Technical Information, 04.06.09. № 344-B.

8. Krasov, V.G. Tolstoplenochnaya tekhnologiya v SVCH mikroelektronike [Thick-film Technology

in SHF Microelectronics]. V.G. Krasov, G.B. Petrauskas, Yu.S. Chernozubov. Moscow. Radio i svyaz', 1985. 168 p.

The article was received 02.04.15.

Citation for an article: Igumnov V. N. Model of thick-film resistor electroconductivity. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2015. No 1 (25). Pp. 67-74.

Information about the author

IGUMNOV Vladimir Nikolaevich – Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is Superconductivity Physics, Cryoelectronics, Two-dimensional Electronics. The author of 111 publications, including 35 patents.

УДК 621.396.6.019

ФАКТОР СТРУКТУРНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНО-ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ

П. И. Козлов¹, Н. М. Скулкин², Е. В. Михеева²

¹ОАО «Завод полупроводниковых приборов»,
Российская Федерация, 424003, Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
E-mail: info@zpp12.ru

²Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: MiheevaEV@volgatech.net

Приводятся результаты экспериментального исследования степени влияния производственных факторов на структуру тонкой керамики. Представлены статистические характеристики такого влияния. Приведённые данные позволяют определить направление работ в области надёжности при разработке новых изделий.

Ключевые слова: тонкая керамика; стеклофаза; кристаллизация; надёжность.

Список литературы

1. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств / Н. К. Юрков; 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 480 с.
2. Скулкин, Н.М. Технологическая точность металлокерамических корпусов и коммутационных плат в условиях массового производства / Н.М. Скулкин, Е.В. Михеева // Вестник Верхне-Волжского отделения Академии технологических наук РФ. Сер.: Высокие технологии в радиоэлектронике. – 1997. – Вып. 2(4). – С. 187-190.
3. Осинцев, О.Е. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе / О.Е. Осинцев. – М.: Машиностроение, 2013. – 156 с., ил.
4. Козлов, П.И. Проблема разработки системы качества металлокерамических плат и корпусов микросхем / П.И. Козлов, Н.М. Скулкин, Е.В. Михеева // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3 (13). – С. 102-108.
5. Скулкин, Н. М. Стабилизация металлокерамических спаев на этапе металлизации пластичных заготовок коммутационных плат / Н. М. Скулкин, Е. В. Михеева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2 (18). – С. 82-87.
6. Пат. 2164904 РФ, МПК С 04 В 41/88 Способ металлизации керамики / Е. В. Михеева, Н. М. Скулкин (ФФ) – 99118052; заявл. 17.08.99; опубл. 10.09.2001 г.
7. Сулименко, Л.М. Общая технология силовых. – М.: ИИ1ФРА-М, 2004. – 336 с.

Статья поступила в редакцию 22.05.15.

Для цитирования: Козлов П. И., Скулкин Н. М., Михеева Е. В. Фактор структурной неустойчивости при разработке вероятностно-физической модели дефектов металлокерамических плат // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 75-81.

Информация об авторах

КОЗЛОВ Пётр Иванович – заместитель директора, ОАО «Завод полупроводниковых приборов». Область научных интересов – причины дефектности металлокерамических корпусов и металлокерамических плат. Автор 20 публикаций.

СКУЛКИН Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – физические причины дефектности металлокерамических корпусов и металлокерамических плат. Автор 42 публикаций и 20 авторских свидетельств и патентов.

МИХЕЕВА Елена Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – исследование радиоматериалов. Автор 26 публикаций.

UDC 621.396.6.019

STRUCTURAL INSTABILITY FACTOR IN DESIGN OF A PROBABILISTIC PHYSICAL MODEL OF METAL-CERAMIC BOARD DEFECTS

P. I. Kozlov¹, N. M. Skulkin², E. V. Mikheeva²

¹JSC «Plant of Semiconductor Devices»

26, Suvorov St., Yoshkar-Ola, 424003, Russian Federation

E-mail: info@zpp12.ru

²Volga State University of Technology,

3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: MiheevaEV@volgatech.net

Key words: fine ceramics; vitreous phase; crystallization; reliability.

ABSTRACT

During the production of ceramic-and-metal packages and wiring boards, physical processes occur, which can lead to material property instability. The method of probabilistic physical modeling allows identifying these processes, giving probabilistic assessment of the nature of influence of these processes on item quality coefficients. The **purpose** of the work is the determination of possible forms of vitreous phase structural formations, identified by the authors in domestic ceramics BK91-2. Three types of ceramics with a different degree of recrystallization have been investigated. The correlation between the total area of crystallization segments and the alumina recrystallization degree and the value of ceramics sintering maximum temperature has been found. The sintering temperature was chosen as an independent parameter due to the fact that this parameter is most accessible for the control and regulation under production conditions. As a criterion of alumina recrystallization, the average size of alumina crystals was chosen. The dependencies of vitreous phase crystallization degree change on the sintering temperature and crystallization centers density and the average square value of crystallized segments of the vitreous phase depending on the maximum temperature of sintering were built. **Conclusion.** Investigations of processes of ceramic material structure formation when producing ceramic-and-metal packages and boards showed a considerable influence of vitreous phase crystal formations on the quality and reliability of microelectronic equipment.

REFERENCES

1. Yurkov N. K. *Tekhnologiya proizvodstva elektronnykh sredstv* [The Technology of the Production of Electronic Means: the second edition, revised and enlarged]. StPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2014. 480 p.
2. Skulkin N.M., Mikheeva E.V. *Tekhnologicheskaya tochnost' metallokeramicheskikh korpusov i kommutatsionnykh plat v usloviyakh massovogo proizvodstva* [Technological Accuracy of Ceramic-and-metal Packages and Wiring Boards Under Mass Production]. *Vestnik Verkhne-Volzhskogo otdeleniya Akademii tekhnologicheskikh nauk RF. Ser.: Vysokie tekhnologii v radioelektronike* [Bulletin of the Upper Volga Branch of the Academy of Technological Sciences of the Russian Federation. Ser. High Technologies in Radio Electronics]. 1997. Iss. 2(4). Pp. 187-190.
3. Osintsev O.E. *Metallovedenie tugoplavkikh metallov i spлавov na ikh osnove* [Metallography of Refractory Metals and Alloys on their Basis]. Moscow: Mashinostroenie, 2013. 156 p., il.
4. Kozlov P.I., Skulkin N.M., Mikheeva E.V. Problema razrabotki sistemy kachestva metallokeramicheskikh plat i korpusov mikroskhem [The Problem of the Development of the Quality System of Ceramic-and-metal Boards and Microcircuit Packages]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3 (13). Pp. 102-108.
5. Skulkin N. M., Mikheeva E. V. Stabilizatsiyametallokeramicheskikh spaev na etape metallizatsii plastichnykh zagotovok kommutatsionnykh plat [Stabilization of Ceramic-metal Seals at the Stage of the Metallization of the Plastic Billets of Wiring Boards]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser. Radio

Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 2 (18). Pp. 82-87.

6. Mikhееva E. V., Skulkin N. M. Sposob metallizatsii keramiki [Ceramics Metallization Method]. Patent RF, no 2164904, 2001.

7. Sulimenko L.M. Obshchaya tekhnologiya silikatov [General Technology of Silicates]. Moscow: I11FRA-M, 2004. 336 p.

The article was received 22.05.15.

Citation for an article: Kozlov P. I., Skulkin N. M., Mikhееva E. V. Structural instability factor in design of a probabilistic physical model of metal-ceramic board defects. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2015. No 2 (26). Pp. 75-81.

Information about the authors

KOZLOV Petr Ivanovich – Deputy Director, JSC «Plant of Semiconductor Devices». The sphere of scientific interests is causes of the defectiveness of ceramic-and-metal packages and boards. The author of 20 publications.

SKULKIN Nikolay Mikhailovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor the Chair of Life Safety, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is physical causes of the defectiveness of ceramic-and-metal packages and boards. The author of 42 publications, 20 inventor's certificates and patents.

MIKHEEVA Elena Viktorovna – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is investigation of radio materials. The author of 26 publications.

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

УДК 621.397.01

ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД» В ЕДИНОЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

С. Г. Пашукова, А. Н. Дудин

ПАО «Ростелеком» в Республике Марий Эл,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, ул. Советская, 138
E-mail: info@mari.volga.rt.ru

Анализируется развитие проекта «Безопасный город» в Российской Федерации, его цели и задачи, подходы и принципы построения сети и схемы организации работы оборудования, применяемые в системе «Безопасный город».

Ключевые слова: инфокоммуникационная система; мониторинг безопасности; защита населения от чрезвычайных ситуаций.

Статья поступила в редакцию 15.05.15.

Информация об авторах

ПАШУКОВА Светлана Геннадьевна – директор филиала ПАО «Ростелеком» в Республике Марий Эл. Область научных интересов – инфокоммуникационные технологии и системы связи. Автор двух публикаций.

ДУДИН Александр Николаевич – коммерческий директор филиала ПАО «Ростелеком» в Республике Марий Эл. Область научных интересов – инфокоммуникационные технологии и системы связи. Автор одной публикации.

UDC 621.397.01

INFOCOMMUNICATION SYSTEM «SAFE CITY» IN THE UNIFIED NETWORK OF MONITORING OF CIVIL SECURITY AND PROTECTION FROM EMERGENCY SITUATIONS

S. G. Pashukova, A. N. Dudin

Branch PJSC «Rostelecom» in the Republic of Mari El,
138, Sovetskaya Street, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: info@mari.volga.rt.ru

The development of the project «Safe city» in the Russian Federation, its objectives and tasks, approaches and formation principles of the network and equipment work organization schemes, applied in the system «Safe city» are analyzed.

Key words: infocommunication system; security monitoring; civil protection from emergency situations.

Information about authors

PASHUKOVA Svetlana Gennadievna – Director of the branch PJSC «Rostelecom» in the Republic of Mari El. The sphere of scientific interests is infocommunication technologies and communication systems. The author of two publications.

DUDIN Aleksandr Nikolaevich – Commercial Director of the branch PJSC «Rostelecom» in the Republic of Mari El. The sphere of scientific interests is infocommunication technologies and communication systems. The author of one publication.

УДК 371.314

ПОВОЛЖСКИЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ «МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ» И КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ К ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В. Е. Филимонов¹, М. В. Даниарова²

¹Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: FilimonovVE@volgatech.net

²Многопрофильный лицей-интернат,
Российская Федерация, 425231, Республика Марий Эл, п. Руэм, ул. Победы, 1
E-mail: marina_daniarova@mail.ru

Авторами разработаны и внедрены в образовательную среду мероприятия по комплексной подготовке школьников к проектной деятельности. Внедрение было осуществлено на базе Государственного бюджетного общеобразовательного учреждения Республики Марий Эл «Многопрофильный лицей-интернат». Эффективность внедрения оценивалась на примере участия школьников в Поволжском научно-образовательном форуме «Мой первый шаг в науку». Анализ результатов внедрения выявил высокую эффективность предложенных решений.

Ключевые слова: проектная деятельность школьников; научно-техническое творчество учащихся; инновационные метапредметные мероприятия; форум школьников.

Список литературы

1. Поливанова, К.Н. Проектная деятельность школьников: пособие для учителя / К.Н. Поливанова. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 2011. – 192 с.
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р) [Электронный ресурс] <http://www.ifar.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf> (дата обращения: 21.03.2015).
3. Иванов, Д.В. II Поволжский научно-образовательный форум школьников «Мой первый шаг в науку». Итоги проведения / Д.В. Иванов, Ю.С. Андрианов, П.А. Нехорошков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 1 (20). – С. 87-93.
4. Даниарова, М.В. Инновации в действии: творческий лабиринт «Моя малая Родина» / М.В. Даниарова, В.Е. Филимонов // Туныктышо/Учитель. – 2014. – № 3. – С. 44-50.

Статья поступила в редакцию 07.04.15.

Для цитирования: Филимонов В. Е., Даниарова М. В. Поволжский научно-образовательный форум «Мой первый шаг в науку» и комплексная подготовка учащихся к проектной деятельности // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 2 (26). – С. 85-92.

Информация об авторах

ФИЛИМОНОВ Виталий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – высокие технологии в промышленности России, нанотехнологии и наноматериалы. Автор 50 публикаций.

ДАНИАРОВА Марина Валерьевна – директор, Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Республики Марий Эл «Многопрофильный лицей-интернат». Область профессиональных интересов – современная образовательная среда лицея как фактор развития потенциала школьника. Автор пяти публикаций.

UDC 371.314

**VOLGA SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL FORUM «MY FIRST STEP IN SCIENCE»
AND COMPREHENSIVE TRAINING OF STUDENTS FOR PROJECT ACTIVITY****V. E. Filimonov¹, M. V. Daniarova²**¹Volga State University of Technology,

3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: FilimonovVE@volgatech.net

²Multidiscipline lyceum - boarding school

1, Victory Street, Republic of Mari El, Ruem, 425231, Russian Federation

E-mail: marina_daniarova@mail.ru

The authors developed arrangements for comprehensive students' training for project activity and introduced them into educational environment. The implementation was made at the State budget comprehensive institution of the Republic of Mari El «Multidiscipline lyceum – boarding school». Implementation effectiveness was estimated at the Volga scientific and educational forum «My first step in science», where students participated. The analysis of implementation results showed the high efficiency of suggested solutions.

Key words: project activity of students; scientific and technical creativity of students; innovative meta-subject events; students' forum.

REFERENCES

1. Polivanova, K.N. Proektnaya deyatel'nost' shkol'nikov: posobie dlya uchitelya [Project Activity of Schoolchildren: Workbook for Teachers; the second edition]. Moscow: Prosveshchenie, 2011. 192 p.
2. Kontseptsiya dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda. (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 17 noyabrya 2008 g. № 1662-p) [Concept of Long-Term Socio-Economic Development of the Russian Federation for the Period until 2020 (appr. by Government Decree of the Russian Federation from November, 17, 2008 № 1662-p)] [URL: <http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf> (Reference date: 21.03.2015)].
3. Ivanov D. V., Andrianov Yu. S., Nekhoroshkov P. A. II Povolzhskiy nauchno-obrazovatel'nyy forum shkol'nikov «Moy pervyy shag v nauku». Itogi provedeniya [Results of the II Volga Region Scientific and Educational Forum of School Students «My First Step in Science»]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. No 1 (20). Pp. 87-93.
4. Daniarova M.V., Filimonov V. E. Innovatsii v deystvii: tvorcheskiy labirint «Moya malaya Rodina» [Innovations in Action: Creative Labyrinth «My Small Motherland»]. *Uchitel'* [Teacher]. 2014. No 3. Pp. 44-50.

The article was received 07.04.15.

Citation for an article: Filimonov V. E., Daniarova M. V. Volga scientific and educational forum «My first step in science» and comprehensive training of students for project activity. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2015. No 2 (26). Pp. 85-92.

Information about the authors

FILIMONOV Vitaly Evgenievich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is high technologies in the Russian industry, nanotechnologies and nanomaterials. The author of 50 publications.

DANIAROVA Marina Valerievna – Director, State Budget Institution of General Education of the Republic of Mari El «Multidiscipline lyceum - boarding school». The sphere of professional interests is modern educational environment of the lyceum as a factor of schoolboy potential development. The author 5 publications.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник Поволжского государственного технологического университет. Серия: «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания по рубрикам:

«Телекоммуникации и радиотехника» – публикуются оригинальные результаты исследований, направленных на создание и обеспечение функционирования устройств и систем, основанных на использовании электромагнитных колебаний и волн и предназначенных для передачи, приема и обработки информации, получения информации об окружающей среде, природных и технических объектах. Кроме того, результаты исследований по автоматизированным системам распределенной обработки информации, теоретическим основам построения, функционирования и использования компьютерных сетей различного масштаба, возможностям их реализации на основе базовых технологий и стандартов.

«Вычислительная техника и информатика» – публикуются оригинальные результаты исследований, направленных на создание электронно-вычислительных устройств, систем и сетей, автоматизированных систем обработки информации и управления, систем автоматизированного проектирования, программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

«Электроника» – публикуются оригинальные результаты исследований по физическим основам различных типов приборов, по улучшению их моделей, характеристик, параметров и режимов работы в радиотехнических устройствах различного назначения. Кроме того, по научному обоснованию новых технологий производства микро- и нанoeлектронных изделий, принципов построения интегральных схем, по исследованию механизмов влияния условий эксплуатации на работу активных приборов, микро- и нанoeлектронных изделий.

«Новинки техники и технологий. Обзоры. Конференции. Важные даты» – публикуются статьи, обзорная информация по отдельным проблемным вопросам техники и технологий, краткая информация о датах, событиях, конференциях, а также рецензии на научные работы по тематике серии.

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты завершенных исследований авторов, объемом 6–15 страниц, включая рисунки.

К печати принимаются материалы, которые не опубликованы и не переданы в другие редакции. Рукописи проходят обязательное рецензирование. В «Вестнике ...» печатаются только статьи, получившие положительные рецензии.

Отклоненные в результате рецензирования материалы возвращаются в одном экземпляре (с приложением копии рецензии).

Требования к оригиналам предоставляемых работ

Структура научной статьи

1. Аннотация (3–4 предложения).
2. Ключевые слова или словосочетания (не более 10) отделяются друг от друга точкой с запятой.
3. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
4. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1–2 предложения).
5. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
6. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
7. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
8. Интерпретация результатов или их анализ.
9. Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающих, что цель, поставленная в работе, достигнута.

Требования к оформлению статьи

Статья должна быть предоставлена в электронном виде и компьютерной распечатке (2 экз.) на бумаге формата А4. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 12 пт, межстрочный интервал одинарный. Поля: внутри – 2 см, верхнее, нижнее, снаружи – 3 см (зеркальные поля), абзацный отступ первой строки на 0,75 см.

На первой странице статьи слева печатается УДК (размер шрифта 10 пт, прямой, светлый) без отступа. Название статьи печатается по центру (размер шрифта 14 пт, прямой, полужирный, прописной). Ниже, по центру – инициалы, фамилия автора (размер шрифта 12 пт, курсив, полужирный). После фамилий авторов указываются места работы: первая строка – название организации, вторая строка – почтовый адрес (размер шрифта 10 пт, прямой). После адресов указывается электронный адрес контактного автора.

Далее размещается аннотация (выравнивание по ширине, размер шрифта 10 пт, курсив, отступ слева и справа 1 см). Аналогично оформляются ключевые слова. Ключевые слова статьи предоставляются на русском и английском языках. Также необходимо предоставить **авторское резюме** статьи на русском и английском языках.

Авторское резюме должно быть понятным без обращения к самой публикации.

Авторское резюме к статье является основным источником информации в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал.

Авторское резюме должно излагать существенные факты работы, и не должно преувеличивать или содержать материал, который отсутствует в основной части публикации.

Структура резюме должна включать введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы и практическая значимость).

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье. Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в авторском резюме не приводятся.

В тексте авторского резюме следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций.

В тексте авторского резюме следует применять значимые слова из текста статьи.

Текст авторского резюме должен быть лаконичен и четок, свободен от второстепенной информации, лишних вводных слов, общих и незначущих формулировок.

Текст должен быть связным, разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого.

Сокращения и условные обозначения, кроме общеупотребительных, применяют в исключительных случаях или дают их расшифровку и определения при первом употреблении в авторском резюме.

В авторском резюме не делаются ссылки на номер публикации в списке литературы к статье.

Можно использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины, четко излагая свое мнение и имея также в виду, что вы пишете для международной аудитории.

Текст должен быть связным с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «moreover», «for example», «the benefits of this study», «as a result» etc.), либо разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать один из другого.

Необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. «The study tested», но не «It was tested in this study» (частая ошибка российских аннотаций).

Объем текста авторского резюме не менее 250-300 слов.

Формулы и отдельные символы набираются с использованием редакторов формул Microsoft Equation или Math Type (не вставлять формулы из пакетов MathCad и MathLab, а также не следует использовать стандартную вставку математических формул или построение собственных формул с помощью библиотеки математических символов).

Иллюстрации. Схемы, графики, диаграммы и т.п. принимаются только в векторных форматах (Word, Excel, Visio, CorelDraw, Adobe Illustrator и др.). Графический материал должен быть четким и не требовать перерисовки. Графики могут выделяться линиями разного стиля, отмечаться цифрами, либо различными цветами. Фотографии и скриншоты должны выполняться в растровых форматах (tiff, bmp, png и др.) достаточного расширения (300 dpi) и четкости. Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст после абзацев, содержащих ссылку на них.

Размеры иллюстраций не должны превышать размеров текстового поля (не более 15 см).

Список литературы оформляется согласно порядку ссылок в тексте (где они указываются в квадратных скобках) и обязательно в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 в двух вариантах:

1) на русском;

2) на языке оригинала латинскими буквами (References). Если русскоязычная статья была переведена на английский язык и опубликована в английской версии, то необходимо указывать ссылку из переводного источника. Библиографические описания российских публикаций составляются в следующей последовательности: авторы (транслитерация), перевод названия статьи (монографии) в транслитерированном варианте, перевод названия статьи (монографии) на английский язык в квадратных скобках, название источника (транслитерация, курсив), выходные данные с обозначениями на английском языке.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Статья должна быть подписана автором(ами). После подписи автора и даты указываются его фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, должность, место работы, область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, e-mail, домашний адрес.

К статье прилагаются следующие **документы**:

- авторское заявление с указанием рубрики журнала;

- экспертное заключение о возможности опубликования;

Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

Адрес для переписки: 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина 3, ПГТУ,

редакция журнала «Вестник ПГТУ», e-mail: vestnik@volgategate.net

Плата за публикацию рукописей не взимается.

Подробнее – на сайте ПГТУ: <http://www.volgategate.net>

Подписка на журнал осуществляется по «Объединенному каталогу. Пресса России. Газеты и Журналы» (подписной индекс **42916**, тематический указатель: Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов).