



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

ВЕСТНИК 2(34) 2017

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 рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-67092 от 15 сентября 2016 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 05.07.17.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 10,46

Тираж 500 экз. Заказ №

Дата выхода в свет 15.07.17.

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, член-корреспондент РАН
(*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

О. Г. Морозов, д-р техн. наук, профессор (Казань)

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(34) 2017

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 has been included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database, ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY and in the list of peer-reviewed scientific 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 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 ПИ № ФЧ77-67092 from September 15, 2016)

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@volgatech.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 05.07.17.

Format 60×84 1/8. No. of press sheets 10,46

Circulation 500 copies. Order №

Publication Date 15.07.17.

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, Corresponding Member of RAS (*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

O. G. Morozov, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kazan)

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

CONTENTS

Колонка редактора

5 Editor's note

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
И РАДИОТЕХНИКАTELECOMMUNICATION
AND RADIO ENGINEERING**Е. А. Спирина.** Метод комплексной оптимизации IP-сетей связи с внутрисистемными помехами6 **E. A. Spirina.** The Integrated Optimization Method for IP Communication Networks with Intra-System Interference**Ю. В. Ясюкевич, В. Б. Оводенко, А. А. Мыльникова, И. В. Живетьев, А. М. Веснин, И. К. Едемский, Д. С. Котова.** Методы компенсации ионосферной составляющей ошибки радиотехнических систем с применением данных полного электронного содержания GPS/ГЛОНАСС19 **Yu. V. Yasyukevich, V. B. Ovodenko, A. A. Mylnikova, I. V. Zhivetiev, A. M. Vesnin, I. K. Edemskiy, D. S. Kotova.** GPS/GLONASS total electron content based methods for ionospheric error compensation for the radio communication systems**В. В. Афанасьев, С. С. Логинов.** Полигауссовы модели в описании сигналов динамической системы Лоренца32 **V. V. Afanasiev, S. S. Loginov.** Poly-Gaussian Models in Description of Lorenz Dynamic System Signals**Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, Р. Р. Бельгибаев.** Оценка доступности частотных каналов для различных модемов КВ-связи на основе пассивного зондирования многомерного ионосферного радиоканала39 **D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. V. Ryabova, R. R. Belgibaev.** Estimation of Frequency Channel Availability for Different HF communication Modems Based on the Passive Sounding of a Multi-Dimensional Ionospheric Radio ChannelВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКАCOMPUTER ENGINEERING
AND INFORMATICS**И. И. Безукладников, А. А. Миронова, А. А. Южаков.** Таргетированные атаки в промышленных информационно-управляющих системах54 **I. I. Bezukladnikov, A. A. Mironova, A. A. Yuzhakov.** Targeted Attacks in Industrial Information and Control Systems

ЭЛЕКТРОНИКА

ELECTRONICS

В. Н. Леухин, Е. В. Шабдаров. Методика расчётно-экспериментального определения оптимальной совокупности параметров электроискрового разряда при подгонке тонкоплёночных резисторов67 **V. N. Leuhin, E. V. Shabdarov.** Method of the Calculation and Experimental Determination of the Optimal Assembly of Electrospark Discharge Parameters when Trimming Thin-Film ResistorsНОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.
ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

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

Д. А. Веденькин, О. Г. Морозов, Г. А. Морозов, Ю. Е. Седельников. Четвёртая Международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2017»80 **D. A. Vedenkin, O. G. Morozov, G. A. Morozov, Yu. E. Sedelnikov.** The Fourth International Scientific and Technical Conference «Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems – 2017»

Информация для авторов

88 Information for the authors



Уважаемые коллеги!

Представляем вашему вниманию очередной номер нашего журнала.

Первый раздел «Телекоммуникации и радиотехника» открывает статья, посвящённая развитию подходов к повышению пропускной способности IP-сетей связи с внутрисистемными помехами. Разработан метод комплексной оптимизации таких сетей с учётом взаимосвязи процедур приёма сигналов, частотно-территориального планирования и маршрутизации, который позволяет снижать влияние внутрисистемных помех. В следующей статье сообщается о результатах исследования методов компенсации ионосферной составляющей ошибки радиотехнических систем (радиотелескопов, радиоинтерферометров, РЛС) с использованием данных глобальных навигационных спутниковых систем. Третья статья раздела посвящена исследованию полигауссовых моделей в описании сигналов динамической системы Лоренца. Оценено минимальное число полигауссовых компонент, необходимых для представления сигналов с необходимой точностью. В четвёртой статье раздела представлены результаты комплексных исследований доступности частотных каналов для модемов КВ-связи на основе пассивного зондирования многомерного ионосферного радиоканала. Установлено, что предсеансовое зондирование позволяет на порядок уменьшить излучаемую мощность или в два раза увеличить скорость передачи информации системы связи.

В разделе «Вычислительная техника и информатика» опубликована работа, в которой рассматривается один из наиболее опасных классов угроз информационной безопасности, характерный для современных информационно-управляющих систем, – таргетированные атаки. Выделены ошибки при построении инфраструктуры защищённой информационно-управляющей системы, а также предложения по их предотвращению.

В разделе «Электроника» опубликована статья, посвящённая разработке методики определения оптимального набора параметров электроискрового разряда при подгонке тонкоплёночных резисторов для обеспечения высоких значений показателей подгонки по скорости, точности и стабильности параметров.

В заключительном разделе сообщается о результатах работы IV Международной научно-технической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2017», состоявшейся в г. Казани.

Уважаемые читатели, мы надеемся, что результаты, представленные в этом номере, будут вам интересны, а также полезны в вашей работе.

Профессор Наталья Рябова

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.396.49

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.6

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ IP-СЕТЕЙ СВЯЗИ С ВНУТРИСИСТЕМНЫМИ ПОМЕХАМИ

Е. А. Спирина

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

Предлагается повысить пропускную способность IP-сетей связи с внутрисистемными помехами за счёт разработки метода комплексной оптимизации указанных сетей, учитывающего взаимосвязь процедур приёма сигналов, частотно-территориального планирования и маршрутизации и тем самым обеспечивающего комплексное снижение влияния внутрисистемных помех. Далее осуществляется разработка принципов взаимодействия процедур, входящих в предлагаемый метод, и алгоритма его функционирования. Анализ эффективности метода комплексной оптимизации, проведённый путём моделирования участка фиксированной сети широкополосного радиодоступа, развёрнутой в городе Казани, показал, что выигрыш при применении этого метода в три раза больше, чем при использовании каждой из процедур в отдельности.

Ключевые слова: пропускная способность; внутрисистемные помехи; комплексная оптимизация; приём сигналов; частотно-территориальное планирование; маршрутизация.

Список литературы

1. Гуреев А.В., Тай Зар Линн, Миронов Ю.Б. Повышение производительности мобильной беспроводной сети путем адаптации ее частотного плана // Естественные и технические науки. 2012. № 2. С. 308–310.
2. Файзуллин Р.Р., Кадушкин В.В., Заринов Р.Ф. Полигауссовский алгоритм совместной демодуляции-декодирования в каналах мобильных систем связи // Нелинейный мир. 2015. Т. 13. № 8. С. 4–9.
3. Файзуллин Р.Р., Кадушкин В.В., Воробьев М.С. Синтез полигауссовых квазиоптимальных алгоритмов многопользовательской обработки сигналов в комплексе внутрисистемных негауссовских помех // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2015. № 3. С. 93–98.
4. Козлов С.В., Чабдаров Ш.М. Квазиоптимальный алгоритм приема сигналов широкополосных систем связи на базе мультимарково-полигауссовых вероятностных моделей // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал] 2014. № 4. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/apr14/10/text.pdf>
5. Калюка В.И., Овсянников С.Н., Сапунова Л.П. Оптимизация локального ресурса пропускной способности сетей широкополосного радиодоступа // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 3. С. 35–40.
6. Бабков В.Ю., Никитина А.В., Стариков В.В. Определение пространственно-технических параметров сотовой сети стандарта LTE // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 1 (212). С. 7–15.
7. Стариков В.В., Бабков В.Ю. Оценка социальных помех в кластерных структурах LTE // Научный форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ»: Материалы научно-практической конференции. Ответственные редакторы В.Э.Гасумянц, Д.Д.Каров. СПб.: Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций СПбПУ, 2015. С. 42–46.
8. Козлов С.В. Управление мощностью и мобильностью систем связи с кодовым разделением

каналов для негауссовых каналов связи // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2013. Т. 68. № 2-2. С. 144–147.

9. Спирина Е. А., Козлов С. В. Анализ эффективности использования алгоритмов оптимального приема OFDM сигналов в IP сетях с совместной динамической маршрутизацией // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2017. № 2. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/feb17/3/text.pdf>

10. Козлов С.В., Петрова Е.А. Планирование и оптимизация сетей широкополосного радиодоступа // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2013. Т. 68. № 4. С. 147–150.

11. Спирина Е.А., Козлов С.В. Метод маршрутизации, обеспечивающий повышение пропускной способности IP сетей в условиях внутрисистемных помех // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2015. № 12 URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec15/3/text.pdf>.

Статья поступила в редакцию 14.04.17.

Информация об авторе

СПИРИНА Елена Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ. Область научных интересов – широкополосный радиодоступ, геоинформационные технологии. Автор 88 публикаций.

UDC 621.396.49

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.6

THE INTEGRATED OPTIMIZATION METHOD FOR IP COMMUNICATION NETWORKS WITH INTRA-SYSTEM INTERFERENCE

E. A. Spirina

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

Keywords: throughput; intra-system interference; complex optimization; signal reception; frequency-territorial planning; routing.

ABSTRACT

Introduction. At present the IP communication networks throughput increase due to intra-system interference influence decrease is achieved by means of the optimization of signal reception and frequency-territorial planning and routing procedures separately. Since these procedures are interconnected, their mutual optimization may be the additional network throughput increase reserve. The **aim** of the paper is to develop the integrated optimization method for IP networks with intra-system interference which reduces the intra-system interference impact due to the organization of signal reception, frequency-territorial planning and routing procedures interaction. To achieve this goal it is necessary to develop the procedures interaction principles within the framework of the integrated optimization method and the operation algorithm of the proposed method and to analyze its efficiency through mathematical modeling. **Results.** The mathematical modeling of the segment of the fixed wideband radio access network, deployed in the city of Kazan was carried out to analyze the efficiency of the IP networks integrated optimization method. Network operation simulation was carried out using the integrated optimization method, as well as using each of the included procedures separately and it showed that each procedure reduces the delivery time by an average of 10% and increases the network throughput by an average of 10 Mbit/s; the integrated optimization method provides delivery time reduction by more than 25% and network throughput increase by an average of 30 Mbit/s. **Conclusion.** The application of the integrated optimization method allows increasing IP networks throughput significantly more than the separate use of specified procedures.

REFERENCES

1. Gureev A.V., Tay Zar Linn, Mironov Yu.B. Povyshenie proizvoditel'nosti mobil'noy besprovod-
noy seti putem adaptatsii ee chastotnogo plana [Improving the Mobile Wireless Network Performance by

Adapting its Frequency Plan]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2012. No 2. P. 308–310.

2. Faizullin R.R., Kadushkin V.V., Zaripov R.F. Poligaussoskiy algoritm sovmestnoy demodulyatsii-dekodirovaniya v kanalakh mobil'nykh sistem svyazi [A Poly-Gaussian Algorithm of Joint Demodulation-Decoding in Mobile Communication System Channels]. *Nelineiny mir* [Nonlinear World]. 2015. Vol. 13. No 8. P. 4-9

3. Faizullin R.R., Kadushkin V.V., Vorob'ev M.S. Sintez poligaussovykh kvazioptimal'nykh algoritmov mnogopol'zovatel'skoy obrabotki signalov v komplekse vnutrisistemnykh negaussovskikh pomekh [Synthesis of Poly-Gaussian Quasi-Optimal Algorithms of Multiuser Signal Processing in the Complex of Intra-System Non-Gaussian Interference]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Aviatsionnaya tekhnika* [News of universities. Aerotechnics]. 2015. No 3. P. 93-98.

4. Kozlov S. V., Chabdarov Sh. M. Kvazioptimal'nyy algoritm priema signalov shirokopolosnykh sistem svyazi na baze mul'timarkovo-poligaussovykh veroyatnostnykh modeley [A Quasi-Optimal Algorithm of Signal Reception of Broadband Communication Systems Based on Multi-Markov Poly-Gaussian Probabilistic Models]. *Zhurnal radioelektroniki* [Journal of Radio Electronics]. 2014. No. 4. Available at <http://jre.cplire.ru/jre/apr14/10/text.pdf>

5. Kalyuka V.I., Ovsyannikov S.N., Sapunova L.P. Optimizatsiya lokal'nogo resursa propusknoy sposobnosti setey shirokopolosnogo radiodostupa [Optimization of the Local Resource of the Throughput of Broadband Radio Access Networks]. *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli* [High Technologies in the Earth Space Research]. 2016. Vol. 8. No 3. P. 35-40.

6. Babkov V.Yu., Nikitina A.V., Starikov V.V. Opredelenie prostranstvenno-tekhnicheskikh parametrov sotovoy seti standarta LTE [Definition of the Spatial and Technical Parameters of the Mobile Network of the LTE standard]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Tele-

communication and Control Systems]. 2015. No 1 (212). P. 7-15.

7. Starikov V.V., Babkov V.Yu. Otsenka sokanal'nykh pomekh v klasternykh strukturakh LTE [Estimation of Co-channel Interference in LTE Cluster Structures]. *Nauchnyy forum s mezhdunarodnym uchastiem «Nedelya nauki SPbPU» Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennye redaktory - V.Ye.Gasumyants, D.D.Karov* [The Scientific Forum with the International Participation «Week of Science in SPbPU». Proceedings of the Scientific-Practical Conference. Editors-in-chief: V.Ye.Gasumyants, D.D.Karov]. St. Petersburg: Institute of Physics, Nanotechnologies and Telecommunications. 2015. P. 42-46.

8. Kozlov S.V. Upravlenie moshchnost'yu i mobil'nost'yu sistem svyazi s kodovym razdeleniem kanalov dlya negaussovnykh kanalov svyazi [Power and Mobility Control in Communication Systems with the Code Division of Channels for Non-Gaussian Communication Channels]. *Vestnik KGTU im. A.N. Tupoleva* [Bulletin of KSTU named after A.N. Tupolev]. 2013. Vol. 68. No 2-2. P. 144–147.

9. Spirina E. A., Kozlov S. V. Analiz effektivnosti ispol'zovaniya algoritmov optimal'nogo priema OFDM signalov v IP setyakh s sovmestnoy dinamicheskoy marshrutizatsiei [The Analysis of the Efficiency of OFDM Signals Optimal Reception Algorithms in IP Networks with Collective Dynamic Routing] // *Zhurnal radioelektroniki* [Journal of Radio Electronics]. 2017. No. 2. Available at <http://jre.cplire.ru/jre/feb17/3/text.pdf>.

10. Kozlov S.V., Petrova E.A. Planirovanie i optimizatsiya setey shirokopolosnogo radiodostupa [Planning and Optimization of Broadband Wireless Access Networks]. *Vestnik KGTU im. A.N. Tupoleva* [Bulletin of KSTU named after A.N. Tupolev]. 2013. Vol. 68. No. 4. P. 147–150.

11. Spirina E.A., Kozlov S.V. Metod marshrutizatsii, obespechivayushchiy povyshenie propusknoy sposobnosti IP setey v usloviyakh vnutrisistemnykh pomekh [A Routing Method Providing Throughput Increase in IP Networks with Intra-system Interference]. *Zhurnal radioelektroniki* [Journal of Radio Electronics]. 2015. No. 12. Available at <http://jre.cplire.ru/jre/dec15/3/text.pdf>.

The article was received 14.04.17.

For citation: Spirina E. A. The Integrated Optimization Method for IP Communication Networks with Intra-System Interference. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 6-18. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.6

Information about the author

SPIRINA Elena Aleksandrovna – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio-Electronic and Telecommunication Systems, Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI. The sphere of scientific interests is broadband wireless access, geo-information technologies. The author of 88 publications.

УДК 550.388.2

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.19

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ИОНОСФЕРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОШИБКИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ GPS/ГЛОНАСС

Ю. В. Ясюкевич¹, В. Б. Оводенко², А. А. Мыльникова¹, И. В. Живетьев³,
А. М. Веснин¹, И. К. Едемский¹, Д. С. Котова⁴

¹ Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН,
Российская Федерация, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126 а
E-mail: yu.yasyukevich@gnss-lab.org

² ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»,
Российская Федерация, 127083, Москва, ул. 8 Марта, 10
E-mail: ovodenko@gmail.com

³ Институт космических исследований и распространения радиоволн
Дальневосточного отделения РАН,
Российская Федерация, 684034, Камчатский край, Елизовский район, с. Паратунка, ул. Мирная, 7
E-mail: i.zhivetiev@gmail.com

⁴ Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова,
Российская Федерация, 236010, Калининград, пр. Победы, 41
E-mail: darshu@ya.ru

Рассмотрены методы компенсации ионосферной составляющей ошибки радиотехнических систем (радиотелескопов, радиоинтерферометров, РЛС) с использованием данных глобальных навигационных спутниковых систем по полному электронному содержанию. Проанализированы преимущества и недостатки методов. Отмечен ряд проблем, возникающих при использовании тех или иных методов.

Ключевые слова: компенсация ионосферной ошибки; GPS; ГЛОНАСС; полное электронное содержание; ионосферные модели; ассимиляция данных; радар.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-35-00590 мол_а, гранта Президента РФ № МК-1097.2017.5, гранта № НШ-6831.2016.8 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ, программы повышения конкурентоспособности «5-100» БФУ им. И. Канта.

Список литературы

1. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. Global Positioning System: Theory and Practice. Springer-Verlag, Wien, New York, 1992. 327 p.
2. Афраймович Э.Л., Первалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: Изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. 480 с.
3. Ionospheric sounding support of OTH radar / B.W. Reinisch, D.M. Haines, Bibl K et al. // Radio Science. 1997. Vol.32. No 4. P. 1681–1694.
4. Gordon W.E. Incoherent Scattering of Radio Waves by Free Electrons with Applications to Space Exploration by Radar // Proceedings of the IRE. 1958. Vol. 46. Iss. 11. P. 1824–1829. doi:10.1109/JRPROC.1958.286852.
5. Development of diagnostic capabilities of the Irkutsk incoherent scattering radar / A.P. Potekhin, A.V. Medvedev, A.V. Zavorin et al. // Cosmic research. 2008. Vol. 46. No 4. Pp. 347–353. DOI: 10.1134/S0010952508040102.
6. Reber G., Ellis G.R. Cosmic radio-frequency radiation near one megacycle // Journal of geophysical research. 1956. Vol. 61. No 1. Pp. 1–10. doi: 10.1029/JZ061i001p00001.
7. Lovell A.C.B. Radio Astronomical Measurements from Earth Satellites // Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences. 1959. Vol. 253. No 1275. P. 494–500. doi: 10.1098/rspa.1959.0212.
8. Allen R., Donatelli D., Picardi M. Correction for ionospheric refraction for COBRA DANE. AFGL-TR-77-0257, Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom AFB MA, 1977. 18 p.

9. A computer code for calculating tropospheric and ionospheric refraction effects on radar systems / R. Daniell, C.S. Carrano, G. Fishman et al. // *Proceedings of the 2007 IEEE Radar Conference*, Waltham, MA, 2007. Pp. 17–20.
10. Equatorial atmospheric and ionospheric modeling at Kwajalein missile range / S.M. Hunt, S. Close, A.J. Coster et al. // *Lincoln Laboratory Journal*. 2000. Vol. 12. No 1. Pp. 45–64.
11. Papagiannis M.D., Mendillo M. Low frequency radio astronomy through an artificially created ionospheric window // *Nature*. 1975. Vol. 255. Pp. 42–43.
12. Афраймович Э.Л., Ясюкевич Ю.В. Адаптивная радиоастрономия. I – коррекция фазового запаздывания и поворота плоскости поляризации в ионосфере по данным GPS зондирования и ионосферного моделирования // *Радиофизика и радиоастрономия*. 2007. Т. 7. № 4. С. 357–374.
13. Afraimovich E.L., Yasyukevich Yu.V. Using GPS-GLONASS-GALILEO data and IRI modeling for ionospheric calibration of radio telescopes and radio interferometers // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2008. Vol. 70. No 15. Pp. 1949–1962.
14. Investigating range error compensation in UHF radar through IRI-2007 real-time updating: Preliminary results / V.B. Ovodenko, V.V. Trekin, N.A. Korenkova et al. // *Advances in Space Research* 2015. Vol. 56. Iss. 5. Pp. 900–906. doi:10.1016/j.asr.2015.05.017.
15. Методы диагностики характеристик ионосферы для заданного региона и коррекция моделей ионосферы в интересах повышения точности прогнозирования распространения радиоволн декаметрового диапазона / В.И. Арефьев, К.М. Константиновна, А.Б. Талалаев и др. // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: прикладная математика*. 2016. № 1. С. 33–51.
16. Schaer S., Beutler G., Rothacher M. Mapping and predicting the ionosphere // *Proc. IGS AC Workshop*. Darmstadt, Germany. February 9–11, 1998. Pp. 307–320.
17. A global mapping technique for GPS-derived ionospheric TEC measurements / A.J. Mannucci, B.D. Wilson, D.N. Yuan et al. // *Radio Science*. 1998. Vol. 33. No 3. Pp. 565–582.
18. The IGS VTEC maps: a reliable source of ionospheric information since 1998 / M. Hernandez-Pajares, J.M. Juan, J. Sanz et al. // *Journal of Geodesy*. 2009. Vol. 83. No 3–4. Pp. 263–275.
19. Ionospheric radio tomography based on the GPS/GLONASS navigation systems / V.E. Kunitsyn, I.A. Nesterov, A.M. Padokhin et al. // *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2011. Vol. 56. Iss. 11. Pp. 1269–1281.
20. Куницын В.Е., Терещенко Е.Д., Андреева Е.С. Радиотомография ионосферы. М: Физматлит, 2007. 255 с.
21. Calais E., Minster J.B. GPS detection of an ionospheric perturbation following the January 17, 1994, Northridge earthquake // *Geophysical Research Letters*. 1995. Vol. 22. Pp. 1045–1048.
22. Review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena / E.L. Afraimovich, E.I. Astafyeva, V.V. Demyanov et al. // *Journal of Space Weather and Space Climate*. 2013. Vol. 3. A27. doi:10.1051/swsc/2013049.
23. Determining receiver biases in GPS-derived total electron content in the auroral oval and polar cap region using ionosonde measurements / D.R. Themens, P.T. Jayachandran, R.B. Langley et al. // *GPS Solut.* 2013. Vol. 17. No 3. Pp. 357–369.
24. Variability of GPS/GLONASS differential code biases / A.A. Mylnikova, Yu.V. Yasyukevich, V.E. Kunitsyn et al. // *Results in Physics*. 2015. Vol. 5. Pp. 9–10.
25. Влияние дифференциальных кодовых задержек GPS/ГЛОНАСС на точность определения абсолютного полного электронного содержания ионосферы / Ю.В. Ясюкевич, А.А. Мыльникова, В.Е. Куницын и др. // *Геомагнетизм и аэрономия*. 2015. Т. 55, № 6. С. 790–796. DOI: 10.7868/S0016794015060176.
26. 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. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. 2013. № 3 (19). С. 18–29.
27. Klobuchar J.A. Ionospheric time-delay algorithm for single-frequency GPS users // *IEEE Transactions on Aerospace and Electronics System*. 1986. Vol. 23. No 3. Pp. 325–331.
28. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. М.: Мир, 1973. 502 с.
29. Лебедев В.П., Ратовский К.Г., Ясюкевич Ю.В. Проблема коррекции ионосферной ошибки определения радиолокационной дальности с использованием информации о полном электронном содержании // *Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды: труды II Всероссийской научной конференции*. Санкт-Петербург, 2012. Т. 2. С. 231–236.
30. The International Reference Ionosphere 2012 - a model of international collaboration / D. Bilitza, D. Altadill, Y. Zhang et al. // *Journal of Space Weather and Space Climate*. 2014. Vol. 4. A07. Pp. 1–12. doi:10.1051/swsc/2014004.
31. Nava B., Coisson P., Radicella S.M. A new version of the NeQuick ionosphere electron density

model // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics.. 2008. Vol. 70. Iss. 15. P. 1856-1862. doi:10.1016/j.jastp.2008.01.015.

32. Ясюкевич Ю.В., Мыльникова А.А., Иванов В.Б. Определение абсолютного полного электронного содержания по одночастотным спутниковым радионавигационным данным GPS/ГЛОНАСС // Солнечно-земная физика. 2017. Т. 3. № 1. С. 9–103. DOI: 10.12737/23509.

33. Демьянов В.В., Ясюкевич Ю.В. Механизмы воздействия нерегулярных геофизических

факторов на функционирование спутниковых радионавигационных систем: монография. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. 349 с. (Солнечно-земная физика).

34. Захаров В.И., Ясюкевич Ю.В., Титова М.А. Влияние магнитных бурь и суббурь на сбои навигационной системы GPS в высоких широтах // Космические исследования. 2016. Т. 54, № 1. С. 23–33. doi: 10.7868/S0023420616010143.

Статья поступила в редакцию 12.05.17.

Информация об авторах

ЯСЮКЕВИЧ Юрий Владимирович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, влияние гелио-геофизических факторов на стабильность работы навигационных систем. Автор 130 публикаций, включая две монографии, главы в двух коллективных монографиях.

ОВОДЕНКО Владимир Борисович – кандидат технических наук, начальник отдела, Открытое акционерное общество Научно-производственный комплекс Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, распространение радиоволн, радиолокация, авроральное рассеяние радиоволн. Автор 20 публикаций.

МЫЛЬНИКОВА Анна Александровна – младший научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, восстановление значений абсолютного полного электронного содержания и дифференциальных кодовых задержек. Автор 20 публикаций.

ЖИВЕТЬЕВ Илья Валерьевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт космических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, методы и комплексы обработки данных. Автор 90 публикаций.

ВЕСНИН Артем Михайлович – ведущий инженер, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем и вертикального зондирования; глобальная ассимиляционная модель ионосферы IRTAM. Автор девяти публикаций.

ЕДЕМСКИЙ Илья Константинович – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием спутниковых систем, анализ ионосферного отклика на геофизические события. Автор 60 публикаций, включая одну монографию.

КОТОВА Дарья Сергеевна – кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник, Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова. Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем и станций вертикального и наклонного зондирования, численное моделирование распространения коротких радиоволн, отклик ионосферы на геомагнитные бури и внезапные стратосферные потепления, а также их влияние на распространение и поглощение коротких радиоволн, экваториальные и высокоширотные особенности ионосферы. Автор 40 публикаций.

UDC 550.388.2

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.19

GPS/GLONASS TOTAL ELECTRON CONTENT BASED METHODS FOR IONOSPHERIC ERROR COMPENSATION FOR THE RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

**Yu. V. Yasyukevich¹, V. B. Ovodenko², A. A. Mylnikova¹, I. V. Zhivetiev³, A. M. Vesnin¹,
I. K. Edemskiy¹, D. S. Kotova⁴**

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
126a, Lermontov Street, Irkutsk, 664033, Russian Federation

E-mail: yu.yasyukevich@gnss-lab.org

²JSC «Research and Production Complex «Research Institute of Long-Distance Radio Communication»,
10, 8 March Street, Moscow, 127083, Russian Federation

E-mail: ovodenko@gmail.com

³Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS,
7, Mirnaya Street, Paratunka, Elizovskiy district, Kamchatka region, 684034, Russian Federation

E-mail: i.zhivetiev@gmail.com

⁴Kaliningrad Branch of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism,
Ionosphere and Radio Wave Propagation,
41, Pobedy Av., Kaliningrad, 236010, Russian Federation

E-mail: darshu@ya.ru

Keywords: ionosphere error compensation; GPS; GLONASS; total electron content; ionosphere models; data assimilation; radar.

ABSTRACT

Introduction. The ionosphere can be accounted by means of ionospheric models, describing its median state at a given date and time for accurate radio communication systems operation. However, the real state of the medium can significantly differ from the median state, even under quiet conditions. Therefore, for the correct description of the medium, we need current measurements of ionospheric parameters. The purpose of this paper is the methodical description of the possible techniques for ionospheric errors accountancy using the data of the total electron content (TEC). TEC is the result of the global navigation satellite systems (GNSS) signals on two operation frequencies measurements. The techniques considered are the follows: 1) Usage of single satellite-receiver lines-of-sights. 2) The correction of the global/regional ionosphere model using a generalized parameter based on single satellite-receiver line-of-sight TEC. 3) The correction of the global ionospheric model according to local parameters based on vertical GNSS-TEC and its spatial gradients. **Conclusion.** The third method has the advantage that accounts for the TEC spatial gradients physically reasonably. At the same time, the second method can be more accurate in a number of cases. The main limitation for the technique is the availability of sufficient observational data bank for the area under consideration. This can obstruct accurate observations in the Arctic and Antarctic regions. The technique based on the original TEC data can be used for the kind of problems, when refraction is negligible.

The work was performed under financial support of the Russian Foundation for Basic Research No16-35-00590 mol_a; the Grant of the President of the Russian Federation No MK-1097.2017.5; the Grant of the President of the Russian Federation for the leading scientific schools of the Russian Federation state support No NSh-6831.2016.8 and the «5-100» program of Immanuel Kant Baltic Federal University for competitiveness enhancing.

REFERENCES

1. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. *Global Positioning System: Theory and Practice*. Springer-Verlag, Wien, New York, 1992. 327 p.
2. 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.
3. Ionospheric sounding support of OTH radar / B.W. Reinisch, D.M. Haines, Bibl K et al. *Radio Science*. 1997. Vol.32. No 4. P. 1681–1694.
4. Gordon W.E. Incoherent Scattering of Radio Waves by Free Electrons with Applications to Space Exploration by Radar. *Proceedings of the IRE*. 1958. Vol. 46. Iss. 11. P. 1824–1829. doi:10.1109/JRPROC.1958.286852.
5. Potekhin A.P., Medvedev A.V., Zavorin A.V. et al. Development of diagnostic capabilities of the Irkutsk incoherent scattering radar. *Cosmic research*. 2008. Vol. 46. No 4. Pp. 347–353. DOI: 10.1134/S0010952508040102.
6. Reber G., Ellis G.R. Cosmic radio-frequency radiation near one megacycle. *Journal of geophysical research*. 1956. Vol. 61. No 1. Pp. 1–10. doi: 10.1029/JZ061i001p00001.
7. Lovell A.C.B. Radio Astronomical Measurements from Earth Satellites. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*. 1959. Vol. 253. No 1275. P. 494–500. doi: 10.1098/rspa.1959.0212.
8. Allen R., Donatelli D., Picardi M. Correction for ionospheric refraction for COBRA DANE. AFGL-TR-77-0257, Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom AFB MA, 1977. 18 p.
9. Daniell R., Carrano C.S., Fishman G. et al. A computer code for calculating tropospheric and ionospheric refraction effects on radar systems. *Proceedings of the 2007 IEEE Radar Conference*, Waltham, MA, 2007. Pp. 17–20.
10. Hunt S.M., Close S., Coster A.J. et al. Equatorial atmospheric and ionospheric modeling at Kwajalein missile range. *Lincoln Laboratory Journal*. 2000. Vol. 12. No 1. Pp. 45–64.
11. Papagiannis M.D., Mendillo M. Low frequency radio astronomy through an artificially created ionospheric window. *Nature*. 1975. Vol. 255. Pp. 42–43.
12. Afraimovich E.L., Yasyukevich Yu.V. Adaptivnaya radioastronomiya. I - korrektsiya fazovogo zapazdyvaniya i povorota ploskosti polarizatsii v ionosfere po dannym GPS zondirovaniya i ionosfernogo modelirovaniya [Adaptive Radio Astronomy. I – Correction of the Phase Delay and the Polarization Plane Rotation in the Ionosphere Using GPS Sounding Data and Ionospheric Modeling]. *Radiofizika i radioastronomiya* [Radiophysics and Radio Astronomy]. 2007. Vol. 7. No 4. P. 357–374.
13. Afraimovich E.L., Yasyukevich Yu.V. Using GPS-GLONASS-GALILEO data and IRI modeling for ionospheric calibration of radio telescopes and radio interferometers. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2008. Vol. 70. No 15. Pp. 1949–1962.
14. Ovodenko V.B., Trekin V.V., Korenkova N.A. et al. Investigating range error compensation in UHF radar through IRI-2007 real-time updating: Preliminary results. *Advances in Space Research*. 2015. Vol. 56. Iss. 5. Pp. 900–906. doi 10.1016/j.asr.2015.05.017.
15. Arefev V.I., Konstantinovna K.M., Talaev A.B. et al. Metody diagnostiki kharakteristik ionosfery dlya zadannogo regiona i korrektsiya modeley ionosfery v interesakh povysheniya tochnosti prognozirovaniya rasprostraneniya radiovoln dekametrovogo diapazona [Methods of Diagnostics of Characteristics of the Ionosphere for a Given Region and the Correction of Ionospheric Models in Order to Improve the Accuracy of Predicting the Propagation of Radio Waves of a Decameter Range]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: prikladnaya matematika* [Bulletin of Tver State University. Ser. Applied Mathematics]. 2016. No 1. P. 33–51.
16. Schaer S., Beutler G., Rothacher M. Mapping and predicting the ionosphere. Proc. IGS AC Workshop. Darmstadt, Germany. February 9–11, 1998. Pp. 307–320.
17. Mannucci A.J., Wilson B.D., Yuan D.N. et al. A global mapping technique for GPS-derived ionospheric TEC measurements. *Radio Science*. 1998. Vol. 33. No 3. Pp. 565–582.
18. Hernandez-Pajares M., Juan J.M., Sanz J. et al. The IGS VTEC maps: a reliable source of ionospheric information since 1998. *Journal of Geodesy*. 2009. Vol. 83. No 3–4. Pp. 263–275.
19. Kunitsyn V.E., Nesterov I.A., Padokhin A.M. et al. Ionospheric radio tomography based on the GPS/GLONASS navigation systems. *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2011. Vol. 56. Iss. 11. Pp. 1269–1281.
20. Kunitsyn V.E., Tereshchenko E.D., Andreeva E.S. *Radiotomografiya ionosfery* [Ionospheric Radio Tomography]. Moscow: Fizmatlit. 2007. 255 p.
21. Calais E., Minster J.B. GPS detection of an ionospheric perturbation following the January 17, 1994, Northridge earthquake. *Geophysical Research Letters*. 1995. Vol. 22. Pp. 1045–1048.
22. Afraimovich E.L., Astafyeva E.I., Demyanov V.V. et al. Review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena. *Journal of Space Weather and Space Climate*. 2013. Vol. 3. A27. doi:10.1051/swsc/2013049.

23. Themens D.R., Jayachandran P.T., Langley R.B. et al. Determining receiver biases in GPS-derived total electron content in the auroral oval and polar cap region using ionosonde measurements. *GPS Solut.* 2013. Vol. 17. No 3. Pp. 357–369.
24. Mylnikova A.A., Yasyukevich Yu.V., Kunitsyn V.E. et al. Variability of GPS/GLONASS differential code biases. *Results in Physics*. 2015. Vol. 5. Pp. 9–10.
25. Yasyukevich Yu.V., Mylnikova A.A., Kunitsyn V.E. and others. Vliyanie differentsial'nykh kodovykh zaderzhkek GPS/GLONASS na tochnost' opredeleniya absolyutnogo polnogo elektronnoy soderzhaniya ionosfery [Influence of GPS/GLONASS Differential Code Delays on the Determination Accuracy of the Absolute Total Electron Content in the Ionosphere]. *Geomagnetizm i aeronomiya* [Geomagnetism and Aeronomy]. 2015. Vol. 55. No 6. P. 790–796. DOI: 10.7868/S0016794015060176.
26. Yasyukevich Yu.V., Mylnikova A.A., Dem'yanov 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 Irkutsk and Yoshkar-Ola according to GPS/GLONASS Data and the IRI-2012 Model]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series «Radio Engineering and Infocommunication Systems»]. 2013. No 3 (19). P. 18–29.
27. Klobuchar J.A. Ionospheric time-delay algorithm for single-frequency GPS users. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronics System*. 1986. Vol. 23. No 3. Pp. 325–331.
28. Davies K. *Radiovolny v ionosfere* [Ionospheric Radio Waves]. Moscow: Mir, 1973. 502 p.
29. Lebedev V.P., Ratovsky K.G., Yasyukevich Yu.V. Problema korrektsii ionosfernoy oshibki opredeleniya radiolokatsionnoy dal'nosti s ispol'zovaniem informatsii o polnom elektronnom soderzhanii [The Problem of Correcting the Ionospheric Error in Determining the Radar Range Using the Information about the Total Electronic Content]. *Problemy voenno-prikladnoy geofiziki i kontrolya sostoyaniya prirodnoy sredy: trudy II Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Problems of Military-Applied Geophysics and the Control of the State of the Environment: Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference]. Saint-Petersburg. 2012. Vol. 2. P. 231–236.
30. Bilitza D., Altadill D., Zhang Y. et al. The International Reference Ionosphere 2012 - a model of international collaboration. *Journal of Space Weather and Space Climate*. 2014. Vol. 4. A07. Pp. 1–12. doi:10.1051/swsc/2014004.
31. Nava B., Coisson P., Radicella S.M. A new version of the NeQuick ionosphere electron density model. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2008. Vol. 70. Iss. 15. P. 1856–1862. doi:10.1016/j.jastp.2008.01.015.
32. Yasyukevich Yu.V., Mylnikova A.A., Ivanov V.B. Opredelenie absolyutnogo polnogo elektronnoy soderzhaniya po odnochastotnym sputnikovym radionavigatsionnym dannym GPS/GLONASS [Determination of the Absolute Total Electron Content Based on Single-Frequency Satellite Radio Navigation GPS/GLONASS Data]. *Solnechno-zemnaya fizika* [Solar-Terrestrial Physics]. 2017. Vol. 3. No. 1. P. 9–103. DOI: 10.12737/23509.
33. Demyanov V.V., Yasyukevich Yu.V. *Mekhanizmy vozdeistviya neregulyarnykh geofizicheskikh faktorov na funktsionirovanie sputnikovyykh radionavigatsionnykh sistem: monografiya* [Mechanisms of Irregular Geophysical Factors Influence on Satellite Radio Navigation System Operating: Monograph]. Irkutsk: ISU Publishing house. 2014. 349 p. (Solar-terrestrial Physics).
34. Zakharov V.I., Yasyukevich Yu.V., Titova M.A. Vliyanie magnitnykh bur' i subbur' na sbor navigatsionnoy sistemy GPS v vysokikh shirotakh [Effect of Magnetic Storms and Substorms on Navigation System GPS Failures at High Latitudes]. *Kosmicheskie issledovaniya* [Cosmic Research]. 2016. Vol. 54, No. 1, P. 23–33. doi: 10.7868/S0023420616010143.

The article was received 12.05.17.

For citation: Yasyukevich Yu.V., Ovodenko V.B., Mylnikova A.A., Zhivetiev I.V., Vesnin A.M., Edemskiy I.K., Kotova D.S. GPS/GLONASS total electron content based methods for ionospheric error compensation for the radio communication systems. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 19–31. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.19

Information about the authors

YASYUKEVICH Yury Vladimirovich – Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems, the influence of heliogeophysical factors on the stability of navigation system work. The author of 130 publications, including two monographs, chapters in two collective monographs.

OVODENKO Vladimir Borisovich – Candidate of Engineering Sciences, the Head of the Department, JSC «Research and Production Complex «Research Institute of Long-Distance Radio Communication». The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems, radio wave propagation, radiolocation, auroral radio scattering. The author of 20 publications.

MYLNIKOVA Anna Aleksandrovna – Junior Research Fellow, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems, the restoration of values of the absolute total electron content and differential code delays. The author of 20 publications.

ZHIVETIEV Ilya Valerievich – Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of FEB RAS. The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems, methods and complexes of data processing. The author of 90 publications.

VESNIN Artem Mikhailovich – the leading engineer, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems and the vertical sounding; the global assimilative model of the ionosphere IRTAM. The author of 9 publications.

EDEMSKIY Ilya Konstantinovich – Candidate of Physics and Mathematics, Research Fellow, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using satellite systems, the analysis of the ionospheric response to geophysical events. The author of 60 publications, including one monograph.

KOTOVA Darya Sergeevna – Candidate of Physics and Mathematics, Junior Research Fellow, Kaliningrad Branch of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation. The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems and vertical and oblique sounding stations, the numerical simulation of short radio wave propagation, the ionospheric response to geomagnetic storms and sudden stratospheric warming as well as their influence on short radio waves propagation and absorption, equatorial and high-latitude ionospheric features. The author of 40 publications.

УДК 681.51

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.32

ПОЛИГАУССОВЫ МОДЕЛИ В ОПИСАНИИ СИГНАЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛОРЕНЦА

В. В. Афанасьев, С. С. Логинов

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,
Российская Федерация, 420111, Казань, ул. К. Маркса, 10
E-mail: vafv@reku.kstu-kai.ru; sslogin@mail.ru

На основе выделения на сигналах системы Лоренца с помощью негармонического спектрального анализа характерных участков с типовой динамикой развит метод представления распределений вероятностей сигналов. Определены взаимосвязи выявленных участков типовой динамики системы Лоренца с распределениями вероятностей. Оценено минимальное число полигауссовых компонент, необходимых для представления сигналов с заданной точностью.

Ключевые слова: динамический хаос; динамические системы; статистические характеристики; негармонический спектр.

Список литературы

1. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах / В.С. Анищенко, В.В. Астахов и др. Саратов; Берлин; Сент-Луис, 2011. 535 с.
2. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. М.: Физматлит, 2002. 252 с.
3. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. М.: Физматлит, 2003. 496 с.
4. Афанасьев В.В., Логинов С.С., Польский Ю.Е. Анализ и синтез нелинейных радиоэлектронных динамических устройств и систем с варьируемым шагом временной сетки. Казань: Изд-во КГТУ, 2013. 220 с.
5. Афанасьев В.В., Логинов С.С. Полигауссовы модели в представлении распределений вероятностей сигналов нелинейной системы Лоренца с динамическим хаосом // Успехи современной радиоэлектроники. 2012. № 12. С. 10-14.
6. Афанасьев В.В., Логинов С.С. Импульсные случайные процессы в анализе и диагностике нелинейных систем с динамическим хаосом // Радиотехника и электроника. 2013. Т. 58, № 4. С. 382 – 388.
7. Чабдаров Ш.М., Трофимов А.Т. Полигауссовы представления произвольных помех и прием дискретных сигналов // Радиотехника и электроника. 1975. Т. 20, № 4. С. 734-745.
8. Чабдаров Ш.М. Полигауссовы приемники произвольно флуктуирующих сигналов // Известия вузов. Радиоэлектроника. 1977. Т. 20, № 9. С. 32-38.
9. Чабдаров Ш.М. Оптимальный прием при произвольных флуктуациях импульсных помех и сигналов // Радиотехника и электроника. 1979. Т. 24, № 5. С. 1082-1086.
10. Чабдаров Ш.М. Оптимальный прием дискретных сигналов при комплексе шумовых и импульсных помех // Радиотехника и электроника. 1977. Т. 22, № 6. С. 1162-1174.

Статья поступила в редакцию 30.03.17.

Информация об авторах

АФАНАСЬЕВ Вадим Владимирович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоэлектронных и квантовых устройств, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ. Область научных интересов – динамический хаос, радиоэлектронные динамические системы, негармонический спектральный анализ, диагностика. Автор 100 публикаций.

ЛОГИНОВ Сергей Сергеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры радиоэлектронных и квантовых устройств, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ. Область научных интересов – динамический хаос, радиоэлектронные динамические системы, негармонический спектральный анализ. Автор 30 публикаций.

UDC 681.51

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.32

POLY-GAUSSIAN MODELS IN DESCRIPTION OF LORENZ DYNAMIC SYSTEM SIGNALS**V. V. Afanasiev, S. S. Loginov**

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI,
10, K. Marx Street, Kazan, 420111, Russian Federation
E-mail: vafv@reku.kstu-kai.ru; sslogin@mail.ru

Keywords: dynamic chaos; dynamic systems; statistical properties; non-harmonic spectrum.

ABSTRACT

Introduction. The development of new information carriers on the basis of non-linear systems, characterized by dynamic chaos is one of the most important practical targets of radio engineering. Spectral-correlation characteristics of chaotic signals are similar to noise characteristics. **The aim** of the article is to analyze Lorenz system signal probability distributions on typical temporary areas of its type dynamics, determined by the method of a non-harmonic spectral signal analysis. **The mathematical modeling results.** Based on the non-harmonic spectral analysis, the method of the presentation of Lorenz system signal probability distributions on typical areas of signals with the type dynamics has been developed. The method of poly-gaussian approximations of signal probability distributions on areas with the type dynamics of the Lorenz system, selected using the non-harmonic spectral signal analysis has been used. **Conclusions.** Relationships of selected areas of the type dynamics of the Lorenz system on temporary signal realizations with probability distributions have been determined. It was shown that the number of poly-gaussian components, used for the approximation of Lorenz system signal probability distributions on typical areas with the type dynamics is not more than seven with the error of the approximation not more than 5%.

REFERENCES

1. Anishchenko V.S., Astahov V.V. et al. *Nelineinye efekty v khaoticheskikh i stokhasticheskikh sistemakh* [Nonlinear Effects in Chaotic and Stochastic Systems]. Saratov; Berlin; Saint-Louis, 2011. 535 p.
2. Dmitriev A.S., Panas A.I. *Dinamicheskiy khaos: novye nositeli informatsii dlya sistem svyazi* [Dynamic Chaos: New Information Carriers for Communication Systems]. Moscow: Fizmatlit, 2002. 252 p.
3. Karlov N.V., Kirichenko N.A. *Kolebaniya, volny, struktury* [Oscillations, Waves, Structures]. Moscow: Fizmatlit, 2003. 496 p.
4. Afanasiev V.V., Loginov S.S., Pol'sky Yu.E. *Analiz i sintez nelineinykh radioelektronnykh dinamicheskikh ustroystv i sistem s var'iruemyym shagom vremennoy setki* [The Analysis and Synthesis of Nonlinear Radio-Electronic Dynamic Devices and Systems with the Variable Temporary Grid Pitch]. Kazan: Publishing house of KNRTU, 2013. 220 p.
5. Afanasiev V.V., Loginov S.S. Poligaussovy modeli v predstavlenii raspredeleniy veroyatnostey signalov nelineinoy sistemy Lorentsa s dinamicheskim khaosom [Poly-Gaussian Models in the Presentation of Nonlinear Lorenz System Signal Probability Distributions with the Dynamic Chaos]. *Uspekhi sovremennoy radioelektroniki* [Success of Modern Radio Electronics]. 2012. No 12. P. 10–14.
6. Afanasiev V.V., Loginov S.S. Impul'snye sluchainye protsessy v analize i diagnostike nelineinykh sistem s dinamicheskim khaosom [Pulse Random Processes in the Analysis and Diagnostics of Nonlinear Systems with the Dynamic Chaos]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2013. Vol. 58, No 4. P. 382 – 388.
7. Chabdarov Sh.M., Trofimov A.T. Poligaussovy predstavleniya proizvol'nykh pomekh i priem diskretnykh signalov [Poly-Gaussian Presentations of Arbitrary Interference and the Reception of Discrete Signals]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1975. Vol. 20, No 4. P. 734-745.
8. Chabdarov Sh.M. Poligaussovy priemniki proizvol'no fluktuiruyushchikh signalov [Poly-Gaussian Receivers of Arbitrarily Fluctuating Signals]. *Izvestiya vuzov. Radioelektronika*. [News of universities. Radio Electronics]. 1977. Vol. 20, No 9. P. 32-38.

9. Chabdarov Sh.M. Optimal'nyy priem pri proizvol'nykh fluktuatsiyakh impul'snykh pomekh i signalov [The Optimal Reception of Impulse Noise and Signals during Arbitrary Fluctuations]. *Radio-tekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1979. Vol. 24, No 5. P. 1082-1086.

10. Chabdarov Sh.M. Optimal'nyy priem diskretnykh signalov pri komplekse shumovykh i impul'snykh pomekh [The Optimal Reception of Discrete Signals with the Complex of Noise Interference and Impulse Noise]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1977. Vol. 22, No 6. P. 1162-1174.

The article was received 30.03.17.

For citation: Afanasiev V. V., Loginov S. S. Poly-Gaussian Models in Description of Lorenz Dynamic System Signals. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 32-38. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.32

Information about the authors

AFANASIEV Vadim Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Chair of Radio-electronic and Quantum Devices, Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI. The sphere of scientific interests is dynamic chaos, radio-electronic dynamic systems, the non-harmonic spectral analysis, diagnostics. The author of 100 publications.

LOGINOV Sergey Sergeevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Chair of Radio-electronic and Quantum Devices, Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI. The sphere of scientific interests is dynamic chaos, radio-electronic dynamic systems, the non-harmonic spectral analysis. The author of 30 publications.

УДК 621.396

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.39

ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ЧАСТОТНЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕМОВ КВ-СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ПАССИВНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МНОГОМЕРНОГО ИОНОСФЕРНОГО РАДИОКАНАЛА

Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, Р. Р. Бельгибаев

Поволжский государственный технологический университет,

Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

E-mail: IvanovDV@volgatech.net

Дальняя КВ-связь является незаменимой в ряде важных приложений. В настоящее время интерес к ней обусловлен решением проблемы повышения качества связи на основе последних достижений науки. В работе рассмотрена задача применения для этих целей метода пассивного зондирования множества каналов на линии связи, который не требует создания специальной аппаратуры. Развита алгоритмы оценки актуальных параметров канала для определения его состояния, что позволяет оценить доступность каждого парциального канала из множества. Представлены результаты исследования эффективности применения пассивного зондирования в составе системы связи. Получены на трассах Кипр–Йошкар-Ола и Диксон – Йошкар-Ола экспериментальные данные о величине выигрыша по энергетике и увеличения скорости передачи информации. Установлено, что предсеансовое зондирование позволяет при заданной скорости передачи информации уменьшить излучаемую мощность на 4,3–12 дБ на среднеширотной радиотрассе и 4,8–6,4 дБ – на приполярной, а при неизменной мощности увеличить скорость передачи информации примерно в два раза.

Ключевые слова: короткие волны; модемы КВ-связи; доступность каналов; характеристические функции модема; пассивный ЛЧМ-ионозонд; энергетический выигрыш; информационная скорость передачи данных.

Работа выполнена при поддержке грантов Министерства образования и науки РФ: № 8.2817.2017/ПЧ, № 3.4074.2017/ПЧ и гранта РНФ № 15-19-10053.

Список литературы

1. Численные и полунатурные исследования функции рассеяния узкополосных декаметровых радиоканалов / В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2009. Т. 14, № 8. С. 46-54.
2. Arthur P. C. Maundrell M. J. Multi-Dimensional HF Modem Performance Characterisation // 7th International Conference on HF Radio Systems and Techniques 1997. № 411. P.154-158.
3. Scattering Functions for Wideband HF Channels / V. E. Gherm, N. N. Zernov, H. J. Strangeways et al // IEEE 8th International Conference on HF Radio Systems & Techniques. Guildford, UK. 2000. Pp. 341-345.
4. 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. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2014. № 4(23). С. 6-22.
5. 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 и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2009. Т. 14, № 8. С. 34-45.
6. System of frequency providing of HF communication channels based on the new digital sounder on USRP platform / D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. V. Ryabova et al.// T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Vol. 9, No. 3. Pp. 86-88.
7. Brown D. J. Link maintenance and channel evaluation techniques for HF radiocommunication links, Ph.D. thesis, Univ. of Leicester, Leicester, UK, 2001.
8. Warrington E. M. Stocker A. J. Measurements of the Doppler and multipath spread of HF signals received over a path oriented along the midlatitude trough // Radio Science. 2003. Vol. 38. No. 5. Pp. 1-12.
9. Stocker A. J., Warrington E. M. Siddie D. R. Observations of Doppler and delay spreads on HF signals received over polar cap and trough paths at

various stages of the solar cycle // *Radio Science*. 2013. Vol. 48. Pp. 638–645.

10. *Otnes R.* Improved Receivers for Digital High Frequency Communications: Iterative Channel Estimation, Equalization, and Decoding (Adaptive Turbo Equalization), A Dissertation Submitted In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doktor Ingenior, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 2002.

11. *Трухачев А.А.* Радиолокационные сигналы и их применения. М.: Воениздат, 2005. 320 с.

12. *Siddle D.R., Warrington E.M., Stocker A.J.*, Measurements of the Direction of Arrival, Time Dispersion and Frequency Dispersion of HF Signals Received over a Path Along the Mid-Latitude Trough // Twelfth International Conference on Antennas and Propagation. United Kingdom: University of Exeter, 2003. Pp. 832 -835.

Статья поступила в редакцию 30.04.17.

Информация об авторах

ИВАНОВ Дмитрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, проректор по научной работе, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, широкополосные сигналы, распространение радиоволн. Автор 200 публикаций.

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 291 публикации.

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 214 публикаций.

БЕЛЬГИБАЕВ Руслан Рашидович – младший научный сотрудник управления научной и инновационной деятельности, аспирант, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – распространение радиоволн, ионосфера, дистанционное зондирование ионосферы, цифровая КВ-связь. Автор 16 публикаций.

UDC 621.396

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.39

ESTIMATION OF FREQUENCY CHANNEL AVAILABILITY FOR DIFFERENT HF COMMUNICATION MODEMS BASED ON THE PASSIVE SOUNDING OF A MULTIDIMENSIONAL IONOSPHERIC RADIO CHANNEL

D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. V. Ryabova, R. R. Belgibaev

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

Keywords: short waves; HF communication modems; channel availability; characteristic modem functions; passive LFM- ionosonde; energy gain; data transmission rate.

ABSTRACT

Introduction. An ionospheric radio channel belongs to fading channels and therefore it is characterized by the scattering function with the following parameters: signal-to-noise ratio, delay scattering and frequency scattering. HF communication modems are characterized by performance functions with parameters, coinciding in names with channel parameters. If the channel state satisfies the modem performance function, then the channel for the given modem is available and the system work is possible in it. The variability of the channel requires monitoring in order to estimate the states and establish the availability. In this connection we studied the problem of de-

termining channels with maximum availability (S_{MUF}) for improving the communication line energy and the information transmission rate based on the passive sounding method. For comparison channel parameters at the formal optimum working frequency, corresponding the working frequency $0,85 MUF$ (F_{MUF}) were taken. **Results.** On the mid-latitude path the least gain of order 4,3 – 7 dB is in summer and spring and the largest gain 9,5 – 12 dB is in winter and summer. When working in the channel at S_{MUF} , the transmission rate can be doubled in comparison with the work in the channel at F_{MUF} , provided that in both cases the communication system power remains invariable. On the subpolar path with transmitting power 10 dBW, the communication is impossible both in autumn and in spring. In the cases when the communication between users is possible, average transmission rates are less, than on the mid-altitude path and the rate gain reached the value 2 in the majority of cases. **Conclusion.** The application of the passive ionosonde as a part of the communication system does not require the creation of the special receiving equipment and standard communication receivers are used. For the reception continuous LFM signals of active network ionosondes can be used. The developed algorithms allow estimating the minimum required power of the communication transmitter for providing the desired preset information transmission rate of the channel availability 80%.

The work was carried out with the grant support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation: № 8.2817.2017/ПЧ, № 3.4074.2017/ПЧ and the grant of Russian Science Foundation № 15-19-10053.

REFERENCES

1. Ivanov V.A., Ivanov D. V., Ryabova N.V. et al. Chislennye i polunaturnye issledovaniya funktsii rasseyaniya uzkopolosnykh dekametrovykh radiokanalov [Numerical and Seminalural Investigations of the Scattering Function of Narrowband Decameter Radio Channels]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, No 8. P. 34-45.
2. Arthur P. C., Maundrell M. J. Multi-Dimensional HF Modem Performance Characterisation. *7th International Conference on HF Radio Systems and Techniques*. 1997. № 411. P.154-158.
3. Gherm V. E., Zernov N. N., Strangeways H. J. et al. Scattering Functions for Wideband HF Channels. *IEEE 8th International Conference on HF Radio Systems & Techniques*. Guildford, UK. 2000. Pp. 341-345.
4. Ivanov D.V., Ivanov V.A., Ryabova N.V. et al. Mnogomernyy ionosfernyy radiokanal i svyazannye 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.: Radio-tekhnicheskiye i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. No 4 (23). P. 6-22.
5. Ivanov, V.A.; Ivanov, D. V.; Ryabova, N.V.; Maltsev, A.V. Adaptivnoe obnaruzhenie i vydelenie shirokopolosnogo signala s lineinoy chastotnoy modulyatsiy pri szhatii ego v chastotnoy oblasti [Adaptive Detection and the Extraction of a Broadband Signal with Linear Frequency Modulation During its Compression in the Frequency Domain]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, No 8. P. 34-45.
6. Ivanov D. V., Ivanov V. A., Ryabova N. V. et al. System of frequency providing of HF communication channels based on the new digital sounder on USRP platform. *T-Comm*. 2015. Vol. 9, No. 3. Pp. 86-88.
7. Brown D. J. Link maintenance and channel evaluation techniques for HF radiocommunication links, Ph.D. thesis, Univ. of Leicester, Leicester, UK, 2001.
8. Warrington E. M. Stocker A. J. Measurements of the Doppler and multipath spread of HF signals received over a path oriented along the midlatitude trough. *Radio Science*. 2003. Vol. 38. No. 5. Pp. 1-12.
9. Stocker A. J., Warrington E. M. Siddle D. R. Observations of Doppler and delay spreads on HF signals received over polar cap and trough paths at various stages of the solar cycle. *Radio Science*. 2013. Vol. 48. P. 638–645.
10. Otnes R. Improved Receivers for Digital High Frequency Communications: Iterative Channel Estimation, Equalization, and Decoding (Adaptive Turbo Equalization), A Dissertation Submitted In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doktor Ingenior, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 2002.
11. Truhachev A.A. *Radiolokatsionnye signaly i ikh primeneniye* [Radiolocation Signals and their Application]. Moscow: Voenizdat, 2005. 320 p.
12. Siddle D.R., Warrington E.M., Stocker A.J. Measurements of the Direction of Arrival, Time Dispersion and Frequency Dispersion of HF Signals Re-

ceived over a Path Along the Mid-Latitude Trough. *Propagation*. United Kingdom: University of Exeter, *Twelfth International Conference on Antennas and* 2003. Pp. 832 -835.

The article was received 30.04.17.

For citation: Ivanov D. V., Ivanov V. A., Ryabova N. V., Belgibaev R. R. Estimation of Frequency Channel Availability for Different HF communication Modems Based on the Passive Sounding of a Multi-Dimensional Ionospheric Radio Channel. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 39-53. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.39

Information about the authors

IVANOV Dmitry Vladimirovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Corresponding Member of RAS, Vice-Rector for Research 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 200 publications.

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics, 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 291 publications.

RYABOVA Natalia Vladimirovna – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Radio Engineering and Communication, 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 214 publications.

BELGIBAEV Ruslan Rashidovich – Junior Research Fellow of the Office of Scientific and Innovative Activity, a postgraduate student, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is propagation of radio waves, the ionosphere, remote ionospheric sounding, digital HF communication. The author of 16 publications.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК 004.7

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.54

ТАРГЕТИРОВАННЫЕ АТАКИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

И. И. Безукладников, А. А. Миронова, А. А. Южаков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Российская Федерация, 614013, Пермь, ул. Профессора Поздеева, 7
E-mail: corrector@at.pstu.ru

Рассматривается один из наиболее опасных классов угроз информационной безопасности, характерный для современных информационно-управляющих систем (ИУС), – таргетированные атаки. Приводятся результаты комплексного анализа информационной безопасности современных распределённых ИУС, а также системный подход к анализу ИУС как объекта атаки и защиты. Показан подход к оценке уровня защищённости ИУС с использованием известных стандартных методик на примере CRAMM. Выделены наиболее опасные с точки зрения таргетированных атак ошибки при построении инфраструктуры защищённой ИУС, а также приведены предложения по их избежанию.

Ключевые слова: скрытые каналы; информационная безопасность; промышленные сети; ИУС; SCADA; таргетированные атаки.

Список литературы

1. Абашев А., Пазухин В., Слышкин А. На шаг впереди киберпреступников // Information Security/ Информационная безопасность. 2015. № 1. С. 8-11.
2. Gemalto Releases Findings of 2014 Breach Level Index [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gemalto.com/press/Pages/Gemalto-Releases-Findings-of-2014-Breach-Level-Index.aspx> (дата обращения: 02.05.2017).
3. Шпунт Я. Таргетированные атаки и как с ними бороться [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iemag.ru/analitics/detail.php?ID=32831> (дата обращения: 05.05.2017).
4. Левцов В., Демидов Н. Анатомия таргетированной атаки. Часть 4. // Information Security/ Информационная безопасность. 2016. № 6. С. 18-23.
5. SP 800-82 Revision 2, Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security (May 2015). [Электронный ресурс]. URL: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.800-82r2> (дата обращения: 05.05.2017).
6. Qualitative Risk analysis tool CRAMM [Электронный ресурс]. URL: [https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/auditing/qualitative-risk-](https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/auditing/qualitative-risk-analysis-management-tool-cramm-83)
- analysis-management-tool-cramm-83 (дата обращения: 22.04.2017).
7. Безукладников И. И., Кон Е. Л. Проблема скрытых каналов в промышленных информационно-управляющих и инфокоммуникационных сетях // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 7. С. 61-64.
8. Bezukladnikov I. I., Kon E. L. Method to Counter the threat of Covert Channels in LONWorks-based Industrial Control Systems // Application of Information and Communication Technologies – AICT2015. 2015. Pp. 173-178
9. Кибервойны. Таргетированные атаки [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anti-malware.ru/-threats/targeted-attacks> (дата обращения: 02.05.2017).
10. Атаки на АСУ ТП [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anti-malware.ru/threats/APCS-attacks> (дата обращения: 02.05.2017).
11. Dave McMillen. Attacks Targeting Industrial Control Systems (ICS) Up 110 Percent. [Электронный ресурс]. URL: <https://securityintelligence.com/attacks-targeting-industrial-control-systems-ics-up-110-percent/> (дата обращения: 05.05.2017).

Статья поступила в редакцию 12.05.17.

Информация об авторах

БЕЗУКЛАДНИКОВ Игорь Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и телемеханики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Область научных интересов – нестандартные угрозы информационной безопасности в промышленных сетях, сетях общего назначения, распределённых системах и сервисах; скрытые каналы в ИКС/РИУС. Автор 50 публикаций.

МИРОНОВА Анна Алексеевна – магистрант кафедры автоматизации и телемеханики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Область научных интересов – комплексная информационная безопасность распределённых сетей. Автор 20 публикаций.

ЮЖАКОВ Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации и телемеханики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Область научных интересов – надёжность, информационная безопасность и производительность информационно-управляющих и инфокоммуникационных систем и сетей. Автор 150 публикаций.

UDC 004.7

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.54

TARGETED ATTACKS IN INDUSTRIAL INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS

I. I. Bezukladnikov, A. A. Mironova, A. A. Yuzhakov

Perm National Research Polytechnic University,
7, Professor Pozdeev Street, Perm, 614013, Russian Federation
E-mail: corrector@at.pstu.ru

Keywords: covert channels; P2P networks; mesh networks; MANET; information security; 6LoWPAN; Bluetooth.

ABSTRACT

Introduction. Until recently, providing the security of different information systems was mainly within the framework of the protection from a number of type, mass, harmful actions, such as computer viruses, fraud, network attacks and internal leakage. Unfortunately, narrow-directed computer attacks (targeted attacks), which are not blocked, have become more frequent lately. Their aim is certain commercial or state organizations, industrial enterprises or other objects of the critical infrastructure and their computer networks. The distinctive feature of this kind of attacks is one-time use of vulnerabilities, discovered in the survey period that is the result of the individual, thoroughly planned approach to each targeted attack. The protection of information systems by traditional methods becomes unsatisfactory. This problem is especially important for special purpose information systems, applied at industrial enterprises (information and control systems – ICS), because the successful attack on such objects may have critical devastating effects. The **purpose** of this work is the comprehensive systematic approach to providing the protection of industrial, distributed control systems from targeted attacks. **Results.** During the analytical survey, basic tendencies of the modern ICS infrastructure development were revealed as well as their negative impact on the security level was considered. The results of the complex analysis of the information security of modern distributed ICS and the systematic approach to the analysis of ICS as an object of the attack and protection are presented. Based on the real industrial network, the approach to the estimation of the ICS security level using known standard methods by the example of CRAMM is shown. From the point of view of targeted attacks, the most dangerous errors when creating the protected ICS infrastructure are revealed. The proposals to avoid them are presented. **Conclusion.** The work considers the problems of providing the information security of the network infrastructure of industrial information and control systems. The elements of the systematic approach to the analysis of ICS as an object of the attack and protection, to the estimation of the ICS security level using CRAMM methods are shown. The method allowing implementing the task partition of the ICS analysis and moving on to the quantity of specific tasks of the analysis of attack scripts for different methods of ICS threats realization is offered. From the point of view of targeted attacks, the most dangerous errors when creating the protected ICS infrastructure are revealed and proposals to avoid them are presented.

REFERENCES

1. Abashev A., Pazukhin V., Slyshkin A. Na shag vpered kiberprestupnikov [A Step Ahead of Cybercriminals]. *Informacionnaya bezopasnost'* [Information Security]. 2015. No 1. Pp. 8-11.
2. Gemalto Releases Findings of 2014 Breach Level Index [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gemalto.com/press/Pages/Gemalto-Releases-Findings-of-2014-Breach-Level-Index.aspx> (reference date: 02.05.2017).
3. Shpunt Ya. Targetirovannye ataki i kak s nimi borot'sya [Targeted Attacks and How to Fight them] [Electronic Resource] // URL: <https://www.iemag.ru/analitics/detail.php?ID=32831> (reference date: 02.05.2017).
4. Levtsov V., Demidov N. Anatomiya targetirovannoy ataki. Chast 4. [Targeted Attack Anatomy. Part 4.]. *Informacionnaya bezopasnost'* [Information Security]. 2016. No 6. P. 18-23.
5. SP 800-82 Revision 2, Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security (May 2015). [Электронный ресурс]. URL: <http://dx.doi.org/10.6028/-NIST.SP.800-82r2> (reference date: 05.05.2017).
6. Qualitative Risk analysis tool CRAMM [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/auditing/qualitative-risk-analysis-management-tool-cramm-83> (reference date: 22.04.2017).
7. Bezukladnikov I.I., Kon E.L. Problema skrytykh kanalov v promyshlennykh informatsionno-upravlyayushchikh i infokommunikatsionnykh setyakh [The Problem of Covert Channels in Industrial Information-Control and Infocommunication Networks]. *Promyshlennyye ASU i kontrolyery* [Industrial ACS and Controllers]. 2011. No 7. P. 61-64.
8. Bezukladnikov I. I., Kon E. L. Method to Counter the threat of Covert Channels in LONWorks-based Industrial Control Systems. *Application of Information and Communication Technologies – AICT2015*. 2015. Pp. 173-178
9. Kibervoiny. Targetirovannye ataki [Cyber Wars. Targeted Attacks] [Electronic Resource]. URL: <https://www.anti-malware.ru/threats/targeted-attacks> (reference date: 02.05.2017).
10. Ataki na ASU TP [Attacks on AS TPC] [Electronic Resource]. URL: <https://www.anti-malware.ru/threats/APCS-attacks> (reference date: 02.05.2017).
11. Dave McMillen. Attacks Targeting Industrial Control Systems (ICS) Up 110 Percent. [Электронный ресурс]. URL: <https://securityintelligence.com/attacks-targeting-industrial-control-systems-ics-up-110-percent/> (reference date: 05.05.2017).

The article was received 12.05.17.

For citation: Bezukladnikov I. I., Mironova A. A., Yuzhakov A. A. Targeted Attacks in Industrial Information and Control Systems. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 54-66. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.54

Information about the authors

BEZUKLADNIKOV Igor Igorevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Automation and Telemechanics, Perm National Research Polytechnic University. The sphere of scientific interests is non-standard threats of information security in industrial networks, general-purpose networks, distributed systems and services; covert channels in distributed information-control systems. The author of 50 publications.

MIRONOVA Anna Alekseevna – a Master's degree student of the Chair of Automation and Telemechanics, Perm National Research Polytechnic University. The sphere of scientific interests is integrated information security of distributed networks. The author of 20 publications.

YUZHAKOV Aleksandr Anatolyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Automation and Telemechanics, Perm National Research Polytechnic University. The sphere of scientific interests is neural networks, queue systems, information security and the efficiency of infocommunication systems and networks. The author of 150 publications.

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.396.6.002

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.67

МЕТОДИКА РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО РАЗРЯДА ПРИ ПОДГОНКЕ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

В. Н. Леухин, Е. В. Шабдаров

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

Методика разработана с целью обеспечения высоких значений показателей подгонки по скорости, точности и стабильности применительно к установкам электроискровой подгонки типа «Искра-5». Методика распространяется на случай, когда параметры подгонки в процессе корректировки резисторов неизменны. При автоматическом регулировании параметров по мере приближения сопротивления подгоняемого резистора к номиналу интенсивность электроискрового воздействия уменьшается (например, путём уменьшения длительности цикла подгонки, что способствует повышению точности подгонки при незначительном увеличении её продолжительности).

Ключевые слова: тонкоплёночные резисторы; электроискровая подгонка резисторов; производительность; точность; стабильность; режимы подгонки.

Список литературы

1. Игумнов В. Н. Толстоплёночные элементы в электронике и микроэлектронике: монография. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. 203 с.
2. Блинов И. Д., Нагаев А. А., Леухин В. Н. Подгонка величины сопротивления резисторов электроискровым воздействием // Материалы VI Международной молодежной научной конференции «Научный потенциал XXI века». Том первый. Естественные и технические науки. Ставрополь: СевКавГТУ, 2012. С. 6-10.
3. Леухин В. Н., Блинов И. Д. Особенности увеличения производительности и точности при электроискровой подгонке резисторов // Сборник научных трудов SWorld. Одесса: КУПРИЕНКО С. В., 2013. Вып. 3. Т. 11. С. 66-69.
4. Сухов А. М. Автоматизированная система подгонки плёночных резисторов // Проектирование и технология электронных средств. 2002. № 2. С. 55-61.
5. Захаров Ю. В., Леухин В. Н. Построение физической и математической модели процесса электроискровой подгонки резисторов // Электронная техника, сер. 8. 1991. Вып. 3. С.39-43.
6. Одинцов М. А., Леухин В. Н., Игумнов В. Н. Установка электроискровой подгонки резистивных элементов «Искра-5» //Электронная промышленность. 1989. Вып. 8. С. 56.
7. Одинцов М. А., Леухин В. Н., Игумнов В. Н. Установки электроискровой подгонки толстоплёночных резисторов // Техника средств связи, сер. ТПО. 1990. Вып. 1. С. 83-86.
8. Хартман К. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. М.: Мир, 1977. 552 с.
9. Иванов Б., Мышаев А., Михеева Е. Мощные полосковые СВЧ-резисторы P1-17 // Компоненты и технологии. 2010. № 2. С. 12-13.

Статья поступила в редакцию 26.04.17.

Информация об авторах

ЛЕУХИН Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – конструирование электронных средств, разработка технологического оборудования, исследования в области повышения показателей технологических процессов. Автор 130 публикаций.

ШАБДАРОВ Евгений Васильевич – аспирант кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – конструирование электронных средств, разработка технологического оборудования, исследования в области электроискровой подгонки резисторов. Автор 18 публикаций.

UDC 621.396.6.002

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.67

METHOD OF THE CALCULATION AND EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE OPTIMAL ASSEMBLY OF ELECTROSPARK DISCHARGE PARAMETERS WHEN TRIMMING THIN-FILM RESISTORS

V. N. Leuhin, E. V. Shabdarov

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

Keywords: thin-film resistors; electrospark trimming of resistors; performance; accuracy; stability; trimming modes.

ABSTRACT

Introduction. An electrospark trimming is one of the methods of the resistor resistance change. The electrospark trimming influences the surface of the resistive film by means of the pulsed electrical discharge with a frequency from tens of Hz to tens of kHz and the electrode is at a distance from 100 to 2500 microns. As a result the part of the film is destroyed. This effect manifests itself as a circle, a semicircle and other forms, depending on the electrode and its location over the resistor. The **purpose** of the work is summarizing the research results of electrospark discharge parameters influence on the values of resistor trimming process performance and accuracy, the determination of the optimal assembly of parameters of the electrospark discharge when trimming thin-film resistors. **Results.** A physical model of the trimming rate, considering all factors, influencing it, was developed. Since the model comprises certain parameters and their calculation is difficult, the authors offered the method of the determination of the optimal assembly of electrospark discharge parameters when trimming thin-film resistors. Within the framework of the method, general recommendations for thin-film resistors trimming were given: the choice of the distance electrode-resistor, the choice of a cutting form; the choice of a form, sizes and the electrode material; the choice of the discharge medium and the operating frequency. The method was based on the experiment design matrix, reflecting the dependence of the output index (trimming rate) on output parameters (amplitude, pulse frequency, on-off time ratio, and pulse packet duration). A regression model of the output parameter dependence on trimming modes was made and its statistical analysis was carried out. The presented method was approved in respect of the trimming of powerful resistors P1-17. The article contains a fill-in on the equipment, where this method can be applied. **Conclusion.** The on-off time ratio of driving pulse repetition has the greatest effect on the resistance change rate. The pulse repetition frequency has the smallest effect on it. For increasing the resistance change rate, it is necessary to increase the discharge pulse repetition frequency, pulse amplitude, on-off time ratio and pulse packet duration. The optimal mode of the electrospark trimming of resistors P1-17 is the following: the amplitude of discharge pulses 4 kV, the pulse repetition frequency 12 kHz when the on-off time ratio is 3, pulse packet duration is 10 msec.

REFERENCES

1. Igumnov V. N. *Tolstoplenochnye elementy v elektronike i mikroelektronike: monografiya* [Thick-Film Elements in Electronics and Microelectronics: Monograph]. Yoshkar-Ola: VSUT, 2015. 203 p.
2. Blinov I. D., Nagaev A. A., Leukhin V. N. Podgonka velichiny soprotivleniya rezistorov elektroiskrovym vozdeistviem [Adjustment of the Resistor Resistance Value by Electrospark Effect]. *Materialy VI Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii «Nauchnyy potentsial XXI veka»* [Proceedings of the VI International Youth Scientific Conference «Scientific Potential of the XXI Century»]. Volume 1. Natural and Technical Sciences. Stavropol: NorCaucSTU, 2012. P. 6-10.
3. Leukhin, V. N., Blinov, I. D. Osobennosti uvelicheniya proizvoditelnosti i tochnosti pri elektroiskrovoy podgonke rezistorov [Features of the Productivity and Accuracy Increase During Electrospark Trimming of Resistors]. *Sbornik nauchnykh trudov SWorld* [SWorld Proceedings]. Issue 3. Vol. 11. Odessa: KUPRIENKO S. V., 2013. P. 66-69
4. Sukhov A. M. Avtomatizirovannaya sistema podgonki plenochnykh rezistorov [Automated System of Film Resistor Trimming]. *Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv* [Designing and Technologies of Electronic Means]. 2002. No 2. P. 55-61.
5. Zakharov Iu. V., Leukhin V. N. Postroenie fizicheskoy i matematicheskoy modeli protsessa elektroiskrovoy podgonki rezistorov [Design of the Physical and Mathematical Model of the Electrospark Trimming of Resistors]. *Elektronnaya tekhnika* [Electronic Engineering], Ser. 8. 1991. Issue 3. P. 39-43.
7. Odintsov M. A., Leukhin V. N., Igumnov V. N. Ustanovka elektroiskrovoy podgonki rezistivnykh elementov «Iskra-5» [Device for Electrospark Trimming of Resistive Elements «Iskra-5»]. *Elektronnaya promyshlennost* [Electric Industry]. 1989, Issue 8. P. 56.
8. Odintsov M. A., Leukhin V. N., Igumnov V. N. Ustanovki elektroiskrovoy podgonki tolstoplenochnykh rezistorov [Devices for Electrospark Trimming of Thick-Film Resistors]. *Tekhnika sredstv svyazi* [Communication facilities], Ser. TPO. 1990. Issue 1. P. 83-86
9. Khartman K. and others. Planirovanie eksperimenta v issledovanii tekhnologicheskikh protsessov [Design of Experiment in Technological Process Research]. Moscow: Mir, 1977. 552 P.
10. Ivanov B., Myshaev A., Mikheeva E. Moshchnye poloskovye SVCh-rezistory P1-17 [Powerful Strip Microwave Resistors P1-17]. *Komponenty i tekhnologii* [Components and Technologies], 2010 No 2. P. 12-13.

The article was received 26.04.17.

For citation: Leukhin V. N., Shabdarov E. V. Method of the Calculation and Experimental Determination of the Optimal Assembly of Electrospark Discharge Parameters when Trimming Thin-Film Resistors. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 67-79. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.67

Information about the authors

LEUHIN Vladimir Nikolaevich – 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 the design of electronic means, the development of process equipment and the investigation in the sphere of the increase of qualitative indices of technological processes. The author of 130 publications.

SHABDAROV Evgeny Vasilievich – a postgraduate student of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the design of electronic means, the development of process equipment and the investigation in the sphere of the electrospark trimming of resistors. The author of 18 publications.

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

УДК 621.391

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.80

ЧЕТВЁРТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА, ФОТОНИКА И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ – 2017»

Д. А. Веденькин, О. Г. Морозов, Г. А. Морозов, Ю. Е. Седельников

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

Научно-технические конференции являются неотъемлемой частью функционирования научного сообщества, привития культуры проведения экспериментов, анализа результатов и подготовки докладов молодыми учёными. На базе КНИТУ-КАИ была проведена IV Международная научно-техническая конференция молодых учёных, аспирантов и студентов «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2017». Основным результатам работы конференции и динамике её развития посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: научная конференция; образование; микроволновые процессы; фотоника; оптические системы; информатика живых систем; квантовая оптика.

С двенадцатого по четырнадцатое апреля текущего года на базе Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ) была проведена IV-я Международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2017», посвящённая целому ряду памятных для сотрудников КНИТУ-КАИ дат: 85-летию КНИТУ-КАИ, 65-летию Института радиоэлектроники и телекоммуникаций, 35-летию Научно-исследовательского института прикладной электродинамики, фотоники и живых систем, 10-летию кафедры радиофотоники и микроволновых технологий. Конференция традиционно отражает результаты развития основных науч-

ных направлений Научно-исследовательского института прикладной электродинамики, фотоники и живых систем (НИИ ПРЭФЖС), преемника НИЦ ПРЭ и ОНИЛ МРП: «Радиофизика и радиофотоника: приложение в технических и живых системах», коллег из Института радиоэлектроники и телекоммуникаций КНИТУ-КАИ, научных коллективов России и мира, активно сотрудничающих с институтом и университетом [1–3].

В рамках конференции были организованы секции и научные направления:

1. Микроволновые процессы, технологии и комплексы.

1.1. Моделирование микроволновых устройств и процессов.

1.2. СВЧ-аппараты и комплексы.

© Веденькин Д. А., Морозов О. Г., Морозов Г. А., Седельников Ю. Е., 2017.

Для цитирования: Веденькин Д. А., Морозов О. Г., Морозов Г. А., Седельников Ю. Е. Четвёртая Международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2017» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2017. № 2 (34). С. 80-87. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.80

1.3. Антенны и электромагнитная совместимость.

2. Фотоника.

2.1. Технологии оптических систем телекоммуникаций.

2.2. Пассивные и активные оптические компоненты волоконно-оптических линий связи и информационно-измерительных систем.

2.3. Микроволновая фотоника.

3. Техническая электродинамика, фотоника и информатика живых систем.

3.1. Межклеточная сигнализация.

3.2. Микроволновые и квантовые комплексы мониторинга и адаптации живых систем.

3.3. Психофизиологические аспекты восприятия информации.

4. Квантовая оптика и коммуникации.

5. Тренинг и образование в области радиофизики, фотоники и живых систем.

Открывая конференцию, к участникам с приветственным словом обратились президент КНИТУ-КАИ доктор техн. наук, профессор Ю. Ф. Гортышов, директор Института радиоэлектроники и телекоммуникаций, доктор физ.-мат. наук, профессор А. Ф. Надеев, основатель От-

раслевой научно-исследовательской лаборатории Министерства радиопромышленности (ОНИЛ МРП) и Научно-исследовательского центра прикладной электродинамики (НИЦ ПРЭ) доктор техн. наук, профессор Г. А. Морозов (рис. 1). В своём выступлении они поздравили присутствующих со знаменательными датами, подчеркнули актуальность проводимых исследований, бурное развитие новых научных направлений, разработку, создание и применение новых инструментариев в радиотехнических, оптических и радиофотонных задачах. Было подчёркнуто, что активное вовлечение в техническое творчество и научную деятельность обучающихся стимулирует как развитие научного потенциала, так и личностный рост студентов.

К участию в конференции было представлено девять пленарных докладов, охватывающих широкий спектр научных направлений в области микроволновой техники, современных сенсорных систем и оптических систем телекоммуникаций, реализации элементов квантовой памяти, рассмотрения механизмов обратной связи в задачах межклеточного взаимодействия.



Рис. 1. Открытие конференции: президент КНИТУ-КАИ доктор техн. наук, проф. Ю. Ф. Гортышов, директор ИРЭТ доктор физ.-мат. наук, проф. А. Ф. Надеев, директор ОНИЛ МРП и НИЦ ПРЭ доктор техн. наук, проф. Г.А. Морозов (слева направо)

Пленарное заседание конференции ПРЭФЖС-2017 позволило участникам ознакомиться с тематикой работ, ведущихся общепризнанными научными коллективами, перспективными разработками в области микроволновых, оптических и квантовых технологий, их применением в технических и живых системах.

Развитию научной школы «Микроволновых технологий, процессов и комплексов в Научно-исследовательском институте прикладной электродинамики, фотоники и живых систем» был посвящён доклад профессоров Г.А. Морозова и Ю.Е. Седельникова. В докладе отражены вопросы математического моделирования микроволновых процессов, аспекты микроволновой биологии и микроволновой химии, свойства сфокусированных апертур в задачах создания требуемых пространственно-временных распределений электромагнитного поля [4].

Развитие современных телекоммуникаций и анализ изменений требований, предъявляемых к телекоммуникационным оптическим волокнам на разных стадиях развития сетей связи, представлены в докладе В. А. Бурдина (ПГУТИ). В докладе рассматривается прошлое, настоящее и будущее оптических волокон на сетях связи и сложности, с которыми сталкиваются разработчики, связанные с всё возрастающими требованиями к пропускной способности [5].

Задачи моделирования дифференциального преобразования OFDM сигналов для передачи изображений рассматривались в докладе Г. С. Воронкова (УГАТУ). Было представлено описание имитационного моделирования передачи и приёма сигналов OFDM при использовании дифференциального преобразования. Показано, что дифференциальное преобразование на основе экстраполяции значений сигнала позволяет снизить мощность передатчика при передаче изображений более чем на 2 дБ без ухудшения качества связи [6].

Интерес вызвал доклад Д. В. Самигуллина, посвящённый механизму обратной связи регуляции выброса нейромедиатора – ацетилхолина в нервно-мышечных соединениях позвоночных животных. В докладе представлены данные, свидетельствующие о том, что данный способ модуляции осуществляется через систему пресинаптических холинорецепторов и регуляцию пресинаптического уровня кальция [7].

Профессор Р. Р. Нигматуллин представил пленарный доклад, посвящённый общей теории почти воспроизводимых экспериментов. Им предложена общая платформа для количественного описания данных различных сложных систем. Измерения, образующие выборку, порождают универсальную подгоночную функцию, которая рассматривается в качестве специфического моста в задаче сравнения истинной теории с экспериментом. Также обсуждались новые приложения предлагаемой теории в тестировании сложных приборов по их шумовым характеристикам [8].

В докладе А. В. Бурдина «Маломодовый режим функционирования кварцевых оптических волокон: приложения для сенсоров и высокоскоростных сетей передачи данных разного назначения» рассмотрен обзор приложений маломодового режима передачи оптических сигналов по оптическому волокну в инфокоммуникационных и сенсорных системах и описания математического аппарата, ориентированного на решение обратной задачи оптимизации профиля показателя преломления специализированной формы, обеспечивающей управление задержкой направляемых мод заданного порядка в маломодовом режиме [9].

Доклад С. А. Моисеева посвящён рассмотрению возможности реализации квантовой памяти на фотонном эхе в резонаторных схемах. Был представлен ряд схем реализации квантовой памяти на эффекте фотонного эха в высокодобротных

резонаторах оптического и микроволнового диапазона. Предложены физические условия, при которых возможна высокоэффективная запись и считывание широкополосных световых и электромагнитных полей в новых схемах, в том числе нанооптических. Обсуждались возможности экспериментальной реализации данных схем [10].

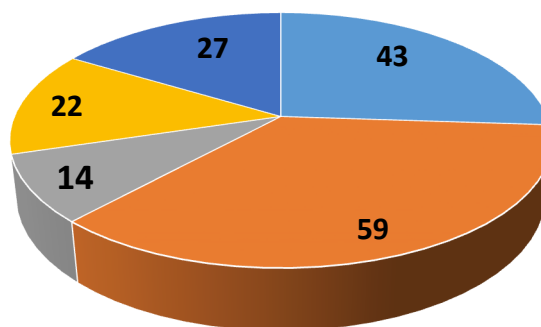
Активное обсуждение и внимание привлёк доклад И. И. Нуреева, посвящённый радиофотонным полигармоническим сенсорным системам и их техническим приложениям. Как известно, радиофотоника играет одну из главных ролей в решении ряда научно-технических проблем. Данная роль определяется широкой полосой, высокой скоростью, эффективностью и помехозащищённостью обработки радиочастотных сигналов в оптическом диапазоне, возможностями линейного или нелинейного преобразования комплексно-

го спектра изменяющихся параметров оптического поля в радиочастотное электрическое [11].

Заключительный пленарный доклад Б. А. Акишина был посвящён самообразованию и самостоятельной работе студентов в физическом воспитании. Самостоятельная работа по физической культуре стала следствием существенных изменений в учебных планах подготовки бакалавров. В докладе обсуждалось значение самостоятельной физической подготовки в общей системе самообразования человека.

Помимо этого, для участия в работе секций были отобраны 16 докладов от научных сотрудников, профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистрантов и студентов из многих вузов России. На рис. 2 приводятся данные по числу поданных докладов и диаграмма их распределения по направлениям конференции.

Распределение докладов по секциям на
IV МНТК "ПРЭФЖС-2017"



- Микроволновые процессы, технологии и комплексы
- Тренинг и образование в области радиофизики, фотоники и живых систем
- Фотоника
- Квантовая оптика и коммуникации
- Техническая электродинамика, фотоника и информатика живых систем

Рис. 2. Диаграмма распределения докладов по секциям
IV МНТК «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2017»



Рис. 3. Заседание секции «Микроволновые процессы, технологии и комплексы»

Интерес к конференции со стороны специалистов, представляющих научные школы в области микроволновых технологий, фотоники, квантовых коммуникаций и живых систем, демонстрирует стабильный рост [12], поскольку всё большее число студентов и молодых учёных активно занимаются научной деятельностью в указанных и смежных областях.

Участниками конференции традиционно становятся молодые учёные и студенты со своими научными руководителями. Возможность узнать о перспективных научных исследованиях, проводимых ведущими учёными страны, обмен опытом, создание презентаций стимулируют личностный рост каждого участника. По данным проведённого опроса, участие в кон-

ференции позволяет студентам чувствовать себя более уверенно при защите курсовых и выпускных квалификационных работ.

По традиции фотонная секция конференции была проведена при поддержке Оптического общества Америки (OSA) и Российского оптического общества им. Д.С. Рождественского (ROS). Студенческая оптическая ячейка КНИТУ-КАИ активно участвует в работе всех конференций, которые проводит фотонный консорциум вузов Поволжья: Уфимский авиационный государственный технический университет, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части Государственного задания № 8.6872.2017/БЧ.

Список литературы

1. Антенны, сфокусированные в зоне ближнего излученного поля / Седельников Ю.Е., Тестов Н.А., Веденькин Д.А. и др.; Под общ. ред. Ю.Е. Седельникова и Н.А. Тестоведова. Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2015. 308 с.
2. Морозов О.Г., Ильин Г.И., Морозов Г.А. Системы радиопотоники с амплитудно-фазовым модуляционным преобразованием оптической несущей / Под ред. О.Г. Морозова. Казань: ООО «Новое знание», 2014. 192 с.
3. Морозов Г.А., Гришин С.Н., Стахова Н.Е. Введение в микроволновые биотехнологии / Под ред. Г.А. Морозова. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2015. 124 с.
4. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2016. № 1(29). С. 18-31.

5. Андреев В.А., Бурдин В.А. Оптические волокна для оптических сетей связи // Электросвязь. 2003. № 11. С. 50-54.
6. Разработка дифференциального OFDM-преобразователя с координированным предсказанием сигналов для энергодефицитных систем связи / И.В. Кузнецов, Г.С. Воронков, А.Х. Султанов и др. // Радиотехника. 2016. № 12. С. 59-63.
7. Acetylcholine-induced reduction of presynaptic calcium and transmitter release in the frog neuromuscular junction / E.F. Khaziev, D.V. Samigullin, N.V. Zhilyakov et al. // Front Physiol. 2016. Vol. 7: 621. doi: 10.3389/fphys.2016.00621
8. Nigmatullin R.R., Evdokimov Yu. K. The concept of fractal experiments: New possibilities in quantitative description of quasi-reproducible measurements. Chaos, Solitons and Fractals. 2016. 91. P. 319–328.
9. Бурдин В.А., Бурдин А.В. Результаты численного моделирования распространения оптических импульсов в нерегулярных многомодовых волоконных световодах, функционирующих в маломодовом режиме // Радиотехника. 2016. № 2. С. 120-127.
10. Multiresonator quantum memory / S.A. Moiseev, F.F. Gubaidullin, R.S. Kirillov et al. // Physical Review A – Atomic, molecular and Optical physics. 2017. Vol. 95. Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.95.012338>
11. Нуреев И.И. Радиофотонные амплитудно-фазовые методы интеррогации комплексированных датчиков на основе волоконных решеток Брэгга // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3581.
12. Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2016. № 2(30). С. 90-99.

Статья поступила в редакцию 31.05.17.

Информация об авторах

ВЕДЕНЬКИН Денис Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и микроволновых технологий, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – СВЧ-технологии в промышленности, антенная техника, сфокусированные антенные решетки, неразрушающий контроль. Автор 70 публикаций.

МОРОЗОВ Олег Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и микроволновых технологий, директор НИИ Прикладной электродинамики, фотоники и живых систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – волоконно-оптические технологии, радиофизика, радиотехника, микроволновые технологии, распределенные сенсорные системы, квантовые технологии. Автор 280 публикаций.

МОРОЗОВ Геннадий Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – СВЧ-технологии в промышленности, биологии, СВЧ-устройства. Автор 150 публикаций.

СЕДЕЛЬНИКОВ Юрий Евгеньевич – доктор технических наук, профессор кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – СВЧ-технологии в промышленности, антенная техника, сфокусированные антенные решетки, методы неразрушающего контроля. Автор 150 публикаций.

UDC 621.391

DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.80

**THE FOURTH INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«APPLIED ELECTRODYNAMICS, PHOTONICS AND LIVING SYSTEMS -2017»****D. A. Vedenkin, O. G. Morozov, G. A. Morozov, Yu. E. Sedelnikov**

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI,

10, K. Marx Street, Kazan, 420111, Russian Federation

E-mail: denis_ved@mail.ru

Keywords: scientific conference; education; microwave processes; photonics; optical systems; informatics of living systems; quantum optics.**ABSTRACT**

Scientific and technical conferences are an integral part of the scientific community functioning, promoting a culture of experimentation, analyzing results and preparing reports by young scientists. At KNRTU-KAI, the IV International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Post-Graduate Students and Students "Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems - 2017" was held. This article deals with the main results of the conference and the dynamics of its development.

The work was carried out with financial support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of a basic part of the Government Mandate №8.6872.2017/БЧ.

REFERENCES

1. Sedelnikov Yu.E., Testodov N.A., Vedenkin D.A. et al. *Antennы, sfokusirovannyye v zone blizhnego izluchennogo polya* [Antennas, Focused in the Zone of a Near Radiated Field; Edited by Yu.E. Sedelnikov and N.A. Testodov]. Krasnoyarsk: Siberian State Aerospace University, 2015. 308 p.
2. Morozov O.G., Ilyin G.I., Morozov G.A. *Sistemy radiofotoniki s amplitudno-fazovym modulyatsionnym preobrazovaniem opticheskoy nesushchey* [Radio Photonics Systems with the Amplitude-Phase Modulation Conversion of the Optical Carrier; Edited by O.G. Morozov]. Kazan: LLC «Novoe znanie», 2014. 192 p.
3. Morozov G.A., Grishin S.N., Stahova N.E. *Vvedenie v mikrovolnovye biotekhnologii* [Introduction to Microwave Biotechnologies; Edited by G.A. Morozov. Kazan: Publishing house of KNRTU-KAI, 2015. 124 p.
4. Vedenkin D.A., Sedelnikov Yu. E. *Svoystva sfokusirovannykh volnovykh poley v promezhutochnoy zone izlucheniya* [Properties of Focused Wave Fields in the Intermediate Radiation Zone]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2016. No 1 (29). Pp. 18-31.
5. Andreev V.A., Burdin V.A. *Opticheskie volokna dlya opticheskikh setey svyazi* [Optical Fibers for Optical Communication Networks]. *Elektrosvyaz'* [Electrical Communication]. 2003. No 11. P. 50-54.
6. Kuznetsov I.V., Voronkov G.S., Sultanov A.H. et al. *Razrabotka differentsial'nogo OFDM-preobrazovatelya s koordinirovannym predskazaniem signalov dlya energodefitsitnykh sistem svyazi* [Development of a Differential OFDM-Converter with the Coordinated Signal Forecast for Communication Systems Experiencing Shortages of Electricity]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 2016. No 12. Pp. 59-63.
7. Khaziev E.F., Samigullin D.V., Zhilyakov N.V. et al. *Acetylcholine-induced reduction of presynaptic calcium and transmitter release in the frog neuro-muscular junction*. *Front Physiol.* 2016. Vol. 7: 621. doi: 10.3389/fphys.2016.00621
8. Nigmatullin R.R., Evdokimov Yu. K. *The concept of fractal experiments: New possibilities in quantitative description of quasi-reproducible measurements. Chaos, Solitons and Fractals.* 2016. 91. Pp. 319–328.
9. Burdin V.A., Burdin A.V. *Rezultaty chislennogo modelirovaniya rasprostraneniya opticheskikh impul'sov v neregulyarnykh mnogomodovykh volokonnykh svetovodakh, funktsioniruyushchikh v malomodovom rezhime* [Results of Computational Modeling of Optical Pulse Propagation in Irregular Multimode Fiber Light Conductors, Functioning in a Few-Mode Regime]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 2016. No 2. Pp. 120-127.

10. Moiseev S.A., Gubaidullin F.F., Kirillov R.S. et al. Multiresonator quantum memory. *Physical Review A – Atomic, molecular and Optical physics*. 2017. Vol. 95. Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.95.012338>

11. Nureev I.I. Radiofotonnye amplitudno-fazovye metody interrogatsii kompleksirovannykh datchikov na osnove volokonnykh reshetok Bregga [Radio Photonics Amplitude-Phase Methods Of Integrated Sensors Interrogation Based on Fiber Bragg Gratings]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineer Bulletin of Don]. 2016. №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3581.

12. Vedenkin D. A., Morozov O. G., Morozov G. A., Sedelnikov Yu. E. Tret'ya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Prikladnaya elektrodinamika, fotonika i zhivye sistemy – 2016» [The third International Scientific and Technical Conference «Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems – 2016»]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2016. No 2 (30). Pp. 90-99.

The article was received 31.05.17.

For citation: Vedenkin D. A., Morozov O. G., Morozov G. A., Sedelnikov Yu. E. The Fourth International Scientific and Technical Conference «Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems –2017». *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2017. No 2 (34). Pp. 80-87. DOI: 10.15350/2306-2819.2017.2.80

Information about the authors

VEDENKIN Denis Andreevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Photonics and Microwave Technologies, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is microwave technologies in the industry, antenna engineering, focused antenna arrays, nondestructive testing. The author of 70 publications.

MOROZOV Oleg Gennadievich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Radio Photonics and Microwave Technologies, Director of the Research Institute «Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems», Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is optical technologies, radio physics, radio photonics, microwave technologies, distributed sensor-based systems, quantum technologies. The author of 280 publications.

MOROZOV Gennady Aleksandrovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Radio-Electronic and Telecommunication Systems, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is microwave technologies in the industry, biology, microwave devices. The author of 150 publications.

SEDELNIKOV Yuri Evgenievich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Radio-Electronic and Telecommunication Systems, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is microwave technologies in the industry, antenna engineering, focused antenna arrays, nondestructive testing methods. The author of 150 publications.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник Поволжского государственного технологического университета. 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 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 чёткости. 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 7.0.5-2008 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@volgatech.net

Плата за публикацию рукописей не взимается.

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

