



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

ВЕСТНИК 4(23) 2014

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

октябрь-ноябрь

Научно-технический журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»

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

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51886 от 23 ноября 2012 г.).

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

Адрес редакции:

424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Тел. (8362) 68-60-12, 68-78-46

Факс (8362) 41-08-72

e-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*

Компьютерная верстка

А. А. Кислицын

Перевод на английский язык

О. В. Миронова

Подписано в печать 26.11.14.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 11,6

Тираж 500 экз. Заказ №

Дата выхода в свет 10.12.14.

Цена свободная

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

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

Главный редактор

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

Редакционный совет:

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

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

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

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VESTNIK 4(23) 2014

OF VOLGA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

october–november

Scientific and technical journal

Issued since November, 2007

Published four times a year

SERIES «Radio Engineering and Infocommunication Systems»

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

Founder and Publisher:

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

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

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

Editorial office address:

424000, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3

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

Fax (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@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 26.11.14.

Format 60×84 1/8. No. of press sheets. 11,6

Circulation 500 copies. Order №

Publication Date 10.12.14.

Free price

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

Printed from the original layout

in LLC PPF«String»

424006, Yoshkar-Ola,

95, Stroiteley St.

Editor-in-chief

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

Editorial Board:

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

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

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

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

Editorial Staff:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
И РАДИОТЕХНИКА

Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, Р. Р. Бельгибаев, А. А. Елсуков, М. И. Рябова, А. А. Чернов. Многомерный ионосферный радиоканал и связанные с ним проблемы работы модемов высокочастотной связи

Р. Р. Бельгибаев. Влияние радио блэкаута на частотную ёмкость линии декаметровой связи

А. В. Зув, С. В. Воейков, В. В. Демьянов, В. А. Иванов, А. А. Кислицын, А. П. Максиков, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, Ю. В. Ясюкевич. Срыв сопровождения фазы навигационного сигнала и измерения псевдозадержки в аппаратуре NovAtel в спокойных условиях

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКА

Д. М. Батухтин, Е. В. Пеганова, Н. Н. Митракова, А. А. Роженцов, Я. А. Фурман. Анализ узкоспектральных эндоскопических изображений на внутренней поверхности пищевода

Е. А. Романычева, Д. М. Батухтин, К. О. Иванов, В. В. Севастьянов, Я. А. Фурман, Р. В. Ерусланов. Классификация объектов по их форме на маммографических изображениях методами контурного анализа

ЭЛЕКТРОНИКА

Ю. В. Захаров, Н. Г. Моисеев. Ускоренная оценка технического состояния электронных средств

О. А. Шаповалова, Ю. А. Подчашинский. Измерение параметров движения производственного оборудования на основе комплексирования видеокамеры и акселерометра

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.
ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

Д. В. Иванов, Ю. С. Андрианов, П. А. Нехорошков. IV Фестиваль науки в Республике Марий Эл, итоги и перспективы
Информация для авторов

CONTENTS

TELECOMMUNICATION
AND RADIO ENGINEERING

D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. V. Ryabova, R. R. Belgibaev, A. A. Elsukov, M. I. Ryabova, A. A. Chernov. Multidimensional ionospheric radio channel and the problems of the work of high frequency communication modems, connected with it

R. R. Belgibaev. Influence of radio blackout on frequency capacity of a decameter communication line

A. V. Zuev, S. V. Voeikov, V. V. Demyanov, V. A. Ivanov, A. A. Kisitsin, A. P. Maksikov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, Yu. V. Yasyukovich. Failure of navigation signal phase tracking and the measurements of pseudo-delay in the equipment NovAtel in undisturbed conditions

COMPUTER ENGINEERING
AND INFORMATION TECHNOLOGY

D. M. Batukhtin, E. V. Peganova, N. N. Mitrakova, A. A. Rozhentsov, Ya. A. Furman. Analysis of NBI endoscopic images on the inner surface of the esophagus

E. A. Romanycheva, D. M. Batukhtin, K. O. Ivanov, V. V. Sevastyanov, Ya. A. Furman, R. V. Eruslanov. Classification of objects according to their shape in mammographic images using loop analysis

ELECTRONICS

Yu. V. Zaharov, N. G. Moiseev. Accelerated estimation of the technical state of electronic means

O. A. Shapovalova, Yu. A. Podchashinsky. Measurement of production equipment motion parameters based on the interconnection of a camcorder and an accelerometer

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

D. V. Ivanov, Yu. S. Andrianov, P. A. Nehoroshkov. IV Festival of science in the Republic of Mari El, results and prospects
Information for the authors



Уважаемые коллеги !

Представляем Вам четвёртый номер нашего журнала за 2014 год, который посвящается важному событию в научном сообществе страны – Фестивалю науки. В журнале представлены работы учёных разных научных и учебных учреждений.

В разделе «Телекоммуникации и радиотехника» опубликованы результаты исследований по актуальному научному направлению, связанному с развитием теории многомерных радиоканалов, создаваемых в ионосфере Земли. Представлены усовершенствованные алгоритмы работы модемов, позволяющие повысить помехоустойчивость систем дальней высокочастотной связи. Приведены результаты анализа экспериментальных данных о негативном воздействии на состояние декаметрового линии связи рентгеновской вспышки на Солнце, приводящей к радио блэкауту. Содержатся результаты исследований его влияния на частотную ёмкость линии связи. В рамках проблемы повышения надёжности работы сети приёмников сигналов спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS рассмотрены вопросы о сбоях сопровождения фазы навигационного сигнала в условиях спокойной и возмущённой ионосферы.

В разделе «Вычислительная техника и информатика» опубликованы работы, посвящённые вопросам обработки изображений объектов применительно к проблемам биоинженерии. Представлен оптимальный классификатор состояния тканей здорового и повреждённого эпителия пищевода на эндоскопических изображениях, полученных при помощи технологии NBI. Предложен метод количественного описания по маммографическим данным форм новообразований в теле молочной железы, для сегментации объектов маммографического изображения с минимальным искажением формы использована процедура локально-оптимальной пороговой обработки.

Раздел «Электроника» включает работы, направленные на решение проблем производства электронного оборудования и автоматизации технологических процессов. Построены математические модели для ускоренной оценки и прогнозирования технического состояния электронных средств, при этом для сокращения времени испытаний изделий предлагаются форсированные режимы эксплуатационных факторов. Предложена схема измерительной системы контроля и управления ходом технологического процесса для определения параметров движения производственного оборудования на предприятиях по добыче и обработке природного камня.

Заключает журнал статья о наиболее интересных мероприятиях IV Фестиваля науки в Республике Марий Эл.

Уважаемые читатели, надеемся, что статьи, публикуемые в этом номере, будут полезны в Вашей научной и практической работе. Надеемся на Ваше дальнейшее сотрудничество с нашим журналом.

Профессор Наталья Рябова

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.396

МНОГОМЕРНЫЙ ИОНОСФЕРНЫЙ РАДИОКАНАЛ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ПРОБЛЕМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВЯЗИ

**Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, Р. Р. Бельгибаев, А. А. Елсуков,
М. И. Рябова, А. А. Чернов**

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

Методом эквивалентности решалась задача распространения высокочастотных (ВЧ) сигналов с различной средней частотой спектра в ионосфере Земли. Учитывались быстрые и медленные замирания, возникающие из-за изменчивых свойств канала распространения в «медленном» времени. Представлены основные характеристики модемов и предельно допустимые значения параметров каналов узкополосной ВЧ-связи. Рассмотрены возможности применения для их оценки в текущем времени активного программно определяемого и пассивного ионозондов. Развита алгоритмы оценки по результатам зондирования ключевых параметров упорядоченного множества парциальных каналов, отличающихся средними частотами, названного многомерным каналом.

Ключевые слова: радиозондирование; ионосфера; радиоканал; ВЧ-диапазон; модем; сложный сигнал.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 13-07-00371-а; 13-02-00524-а; 13-07-97041), госзадания Министерства образования и науки РФ (проекты 8.2697.2014/К, 3.2695.2014/К).

Список литературы

1. Иванов, В.А. Аппаратура частотного обеспечения в адаптивной системе КВ радиосвязи / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, В.П. Урядов, В.В. Шумаев // Электросвязь. – 1995. – № 11. – С. 30-32.
2. Грозов, В.П. Методы обработки и интерпретации данных зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ сигналом / В.П. Грозов, В.И. Куркин, С.Н. Пономарчук // Физические основы приборостроения. – 2012. – Т. 1, № 3 (4). – С. 33-41.
3. Erukhimov, L.M. Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere / L.M. Erukhimov, V.P. Uryadov, Yu.N. Cherkashin, V.A. Eremenko, V.A. Ivanov, N.V. Ryabova, V.V. Shumaev // Waves in Random Media. – 1997. – Vol. 7, № 4. – Pp. 531-544.
4. Gherm, V.E. Multipath Effects in Wideband Fluctuating HF Channels / V.E. Gherm, N.N. Zernov, H.J. Strangeways // Acta Geofizika e Geod. Geoph., Hungary. – 2002. – Vol. 37(2-3). – Pp. 253-259.
5. Иванов, В.А. Канальные параметры рассеяния для среднеширотной ионосферы / В.А. Иванов, Е.В. Катков, М.И. Рябова, А.А. Чернов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3 (13). – С. 93-101.
6. Иванов, Д.В. SDR-ионозонд с непрерывным ЛЧМ-сигналом на платформе USRP / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Елсуков и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 80-93.

7. Крюковский, А.С. Особенности распространения радиоимпульсов в средах с дисперсией / А.С. Крюковский, И.В. Зайчиков // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2008. – Т.13. – № 8. – С. 36-41.
8. Иванов, Д.В. Исследования коррекции дисперсионных искажений, возникающих в ионосферных радиоканалах с полосой 1 МГц / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, А.Р. Лацевский // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2008. – Т. 13, № 8. – С. 58-66.
9. Орлов, И. И. Распространение волн и геометрическая оптика / И.И. Орлов, В.И. Куркин, А.В. Ойнац // *Оптика атмосферы и океана*. – 2006. – № 12 (19). – С. 1016-1020.
10. Иванов, В.А. Многомерный высокочастотный радиоканал и экспериментальные исследования его основных характеристик / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Чернов // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2013. – Т. 18, № 8. – С. 40-48.
11. Maslin, N.M. HF communications: a systems approach / N.M. Maslin. – London.: Pitman Publishing, 1987. – P. 89.
12. Крюковский, А.С. Исследование влияния локальных неоднородностей ионосферной плазмы на распространение коротких радиоволн / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Д.В. Растягаев // *Вестник Российского нового университета*. – 2010. – № 3. – С. 17-25.
13. Bilitza, D. International Reference Ionosphere 2000 / D. Bilitza // *Radio Sci.* – 2001. – Vol. 36, № 2. – Pp. 264-275.
14. Рябова, М.И. Синтез и исследование дисперсионных характеристик высокочастотных радиоканалов для случая квазизенитного распространения радиоволн / М.И. Рябова // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2011. – № 3 (13). – С. 36-45.
15. Cannon, P.S. DAMSON HF channel characterization – a review / P.S. Cannon, M.J. Angling, N.C. Davies et al // *Proc. MILCOM*. – 2000. – Vol. 1. – Pp. 59-64.
16. Иванов, В.А. Устройство и алгоритмы синхронизации радиотехнических систем связи и зондирования ионосферных высокочастотных радиоканалов / В.А. Иванов, Е.В. Катков, А.А. Чернов // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2010. – № 2 (9). – С. 114-126.
17. Иванов, В.А. Развитие теории синхронизации РТС декаметровая связи и панорамного зондирования ионосферы / В.А. Иванов, А.А. Чернов // *Телекоммуникации*. – 2012. – № 2. – С. 16-22.
18. Иванов, Д.В. Теоретические основы метода прямого цифрового синтеза радиосигналов для цифровых систем связи / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, А.А. Чернов // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2012. – № 1 (15). – С. 3-34.
19. Иванов, В.А. Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионозонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2011. – № 2 (12). – С. 15-23.
20. Le Roux, Y. M. HF channel modeling and simulation / Y. M. Le Roux, M. Niberon, R. Fleury et al // *IEE Radio Receivers and Associated Systems 5th conf.* – Cambridge, 1990. – Pp. 72–76.
21. Иванов, В.А. Зондирование ионосферных каналов высокочастотной связи с поверхности Земли / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2008. – № 1 (2). – С. 3-20.
22. Иванов, В.А. Коррекция широкополосных коротковолновых ионосферных радиоканалов / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, А.А. Колчев // *Радиотехника и электроника*. – 2003. – Т. 48, № 6. – С. 688-697.

Статья поступила в редакцию 22.08.14.

Ссылка на статью: Иванов Д. В., Иванов В. А., Рябова Н. В., Бельгибаев Р. Р., Елсуков А. А., Рябова М. И., Чернов А. А. Многомерный ионосферный радиоканал и связанные с ним проблемы работы модемов высокочастотной связи // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2014. – № 4 (23). – С. 6-22.

Информация об авторах

ИВАНОВ Дмитрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, широкополосные сигналы, распространение радиоволн. Автор 170 публикаций. E-mail: IvanovDV@volgatech.net

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 260 публикаций. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

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 180 публикаций. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

БЕЛЬГИБАЕВ Руслан Рашидович – аспирант кафедры высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, радиосвязь. Автор 12 публикаций. E-mail: ra4sbt@mail.ru

ЕЛСУКОВ Алексей Александрович – инженер-исследователь кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – дистанционное зондирование ионосферы. Автор 15 публикаций. E-mail: ElsukovAA@volgatech.net

РЯБОВА Мария Игоревна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, распространение радиоволн. Автор более 80 публикаций. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

ЧЕРНОВ Андрей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – синхронизация систем ВЧ-связи и зондирования ионосферы, программно-определяемые радиосистемы. Автор 65 публикаций. E-mail: ChernovAS@volgatech.net

MULTIDIMENSIONAL IONOSPHERIC RADIO CHANNEL AND THE PROBLEMS OF THE WORK OF HIGH FREQUENCY COMMUNICATION MODEMS, CONNECTED WITH IT

**D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. V. Ryabova, R. R. Belgibaev, A. A. Elsukov,
M. I. Ryabova, A. A. Chernov**

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

Key words: radiosounding; ionosphere; radio channel; HF band; modem; compound signal.

ABSTRACT

Introduction. The development of HF-communication is connected with the application of cognitive (CRS) and software defined (SDR) radio technologies. In the latter case, the equipment functions are altered by software tools. In the first case, the communication system itself gets the information about the operation medium and the conditions of signal propagation. Then it corrects its information and technology parameters dynamically and independently, reaching the set objectives. Thus, further development of communication systems will be determined by the modernization of the systems of the radiosounding of a HF-radio channel propagation medium. On the ionospheric communication line one can create J of partial adjoining channels, which ordered set can be considered as a multidimensional radio channel. The work deals with the development of the methods of the active and passive oblique sounding of the multidimensional HF-radio channel by a continuous linear frequency-modulated signal. The **purpose** of the work is the development of the algorithms of signal processing and information display during the active and passive sounding of the multidimensional HF-radio channel by a continuous LFM signal for the application in cognitive radio technology. Within the framework by the equivalence method, the problem of the propagation of HF signals with the various average spectrum frequency in the Earth ionosphere was being solved. Fast and slow fading was taken into consideration, arising due to the changeable properties of the channel of the propagation in «slow» time. **Results.** The key characteristics of modems and the maximum values of narrowband HF-communication channel parameters are presented. The application possibilities for their estimation of the active software defined and passive ionosondes in current time are considered. The estimation algorithms upon the results of the sounding of the key parameters of the ordered set of partial channels, (differing in average frequencies) called a multidimensional channel are developed. **Conclusion.** Active and passive radio line sounding allows determining two key parameters (signal-to-noise ratio and delay dispersion) for all components of a multidimensional HF-radio channel, as well as investigating their diurnal and seasonal variations and the variations during solar flares.

The work was carried out with financial support from the Russian Foundation for Basic Research (grants № 13-07-00371-a; 13-02-00524-a; 13-07-97041), the government mandate of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (projects 8.2697.2014/K, 3.2695.2014/K).

REFERENCES

1. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Uryadov V. P., Shumaev V. V. Apparatura chastotnogo obespecheniya v adaptivnoi sisteme KV radiosvyazi [Equipment of Frequency Support in the Adaptive System of Short-wave Radio Communication]. *Elektrosvyaz'* [Telecommunication]. 1995. № 11. Pp. 30-32.
2. Grozov V. P., Kurkin V. I., Ponomarchuk S. N. Metody obrabotki i interpretatsii dannykh zondirovaniya ionosfery nepreryvnym LCHM signalom [Methods of Processing and Interpretation of the Data of Ionospheric Sounding by a Continuous LFM Signal]. *Fizicheskie osnovy priborostroeniya* [Basic Physics of Instrument Engineering]. – 2012. – Vol. 1, № 3 (4). Pp. 33-41.
3. Erukhimov L.M., Uryadov V.P., Cherkashin Yu.N., Eremenko V.A., Ivanov V.A., Ryabova N.V., Shumaev V.V. Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere. *Waves in Random Media*. 1997. Vol. 7, № 4. Pp. 531-544.
4. Gherm V.E., Zernov N.N., Strangeways H.J. Multipath Effects in Wideband Fluctuating HF Channels. *Acta Geofizika e Geod. Geoph., Hungary*. 2002. Vol. 37(2-3). Pp. 253-259.
5. Ivanov V.A., Katkov E.V., Ryabova M.I., Chernov A.A. Kanal'nye parametry rasseyaniya dlya sredneshirotnoy ionosfery [Chanel Dispersion Parameters for the Middle-latitude Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3 (13). Pp. 93-101.

6. Ivanov D. V., Ivanov V. A., Ryabova N. V., Elsukov. A. A et al. SDR-ionozond s nepreryvnym LCHM-signalom na platforme USRP [SDR-ionosonde with a Continuous LFM –signal on the USRP Platform]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. №3 (19). Pp.80-93.
7. Kryukovsky A. S., Zaichikov I. V.. Osobennosti rasprostraneniya radioimpul'sov v sredakh s dispersiei [The Singularities of Radio Pulse Propagation in Mediums with Dispersion]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2008. Vol. 13. № 8. Pp. 36-41.
8. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ivanov V. A., Ryabova M. I., Lashchevsky A. R. Issledovaniya korrektsii dispersionnykh iskazheniy, voznikayushchikh v ionosfernykh radiokanalakh s polosoi 1 MGts [Investigations of the Correction of Dispersive Distortions Arising in Ionospheric Radio Channels with a Band 1 MHz]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2008. Vol. 13. № 8. Pp. 58-66.
9. Orlov I. I., Kurkin V. I., Oinats A. V. Rasprostraneniye voln i geometricheskaya optika [The Propagation of Waves and Geometrical Optics]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the atmosphere and ocean]. 2006. №12 (19). Pp. 1016-1020.
10. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Chernov A. A. Mnogomernyy vysokochastotnyy radiokanal i eksperimental'nye issledovaniya ego osnovnykh kharakteristik [Multidimensional High-frequency Radio Channel and Experimental Research on its Major Characteristics]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2013. Vol.18, № 8. Pp.40-48.
11. Maslin N.M. HF communications: a systems approach. London.: Pitman Publish-ing, 1987. P. 89.
12. Kryukovsky A.S., Lukin D.S., Rastyagaev D.V. Issledovanie vliyaniya lokal'nykh neodnorodnostey ionosfernoy plazmy na rasprostraneniye korotkikh radiovoln [Investigation of the Influence of Local Inhomogeneities of Ionospheric Plasma on Short Radio Wave Propagation]. *Vestnik Rossiyskogo novogo universiteta* [Bulletin of Russian New University]. 2010. № 3. Pp. 17-25.
13. Bilitza D. International Reference Ionosphere 2000. *Radio Sci.* 2001. Vol. 36, № 2. Pp. 264-275.
14. Ryabova M.I. Sintez i issledovanie dispersionnykh kharakteristik vysokochastotnykh radiokanalov dlya sluchaya kvazizenitnogo rasprostraneniya radiovoln [Synthesis and Investigation of Dispersion Characteristics of High-Frequency Radio Channels for Quasi-Zenithal Propagation of Radio Waves]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommu-*
- nikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3(13). Pp. 36-45.
16. Ivanov V. A., Katkov E. V., Chernov A. A. Ustroistvo i algoritmy sinkhronizatsii radiotekhnicheskikh system svyazi i zondirovaniya ionosfernykh vysokochastotnykh radiokanalov [The Construction and Synchronization Algorithms of Radio Engineering Communication Systems and Ionospheric High-Frequency Radio Channel Sounding]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. № 2 (9). Pp. 114-126.
15. Cannon P.S. Angling M.J., Davies N.C. et al DAMSON HF channel characterization – a review. *Proc. MILCOM.* 2000. Vol. 1. Pp. 59-64.
17. Ivanov V. A., Chernov A. A. Razvitie teorii sinkhronizatsii RTS dekametrovoy svyazi i panoramnogo zondirovaniya ionosfery [The Development of Synchronization Theory of Radio Engineering Systems of Decameter Communication and Panoramic Ionospheric Sounding]. *Telekommunikatsii* [Telecommunications]. 2012. № 2. Pp. 16-22.
18. Ivanov D. V., Ivanov V. A., Chernov A. A. Teoreticheskie osnovy metoda pryamogo tsifrovogo sinteza radiosignalov dlya tsifrovyykh system svyazi [The Theory of the Method of Direct Digital Synthesis of Radio Signals for Digital Communication Systems]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2012. № 1 (15). Pp. 3-34.
19. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova N.V. et al. Opredeleniye osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramnogo ionozonda [Determination of Basic Parameters of the Multidimensional Short-Wave Radio Channel Using Panoramic Ionosonde]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 2 (12). Pp. 15-23.
20. Le Roux Y. M., Niberon M., Fleury R. et al. HF channel modeling and simulation. *IEEE Radio Receivers and Associated Systems 5th conf. Cambridge.* 23-27 Jul 1990. Pp. 72–76.
21. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Zondirovaniye ionosfernykh kanalov vysokochastotnoy svyazi s poverkhnosti Zemli [The Sounding of the Ionospheric Channels of High-frequency Communication from the Surface of the Earth]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and

Infocommunication Systems]. 2008. № 1 (2). Pp. 3-20.

22. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Kolchev A. A. Korrektsiya shirokopolosnykh korotkovolnovykh ion-

osfernykh radiokanalov [Correction of Broadband Short-Wave Ionospheric Radio Channels]. *Radio Engineering and electronics*. 2003. Vol. 48, № 6. Pp. 688-697.

The article was received 22.08.14.

Citation for an article: Ivanov D. V., Ivanov V. A., Ryabova N. V., Belgibaev R. R., Elsukov A. A., Ryabova M. I., Chernov A. A. Multidimensional ionospheric radio channel and the problems of the work of high frequency communication modems, connected with it. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 4 (23). Pp. 6-22.

Information about the authors

IVANOV Dmitry Vladimirovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation Activity at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, wideband signals and the propagation of radio waves. The author of 170 publications. E-mail: IvanovDV@volgatech.net

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, the propagation of radio waves, modeling and broadband signals. The author of 260 publications. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

RYABOVA Natalia Vladimirovna – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is information and telecommunication systems, the ionosphere, the propagation of radio waves, forecasting, modeling, adaptive systems. The author of 180 publications. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

BELGIBAEV Ruslan Rashidovich – a postgraduate student of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, propagation of radio waves, modeling, radio communication. The author of 12 publications. E-mail: ra4sbt@mail.ru

ELSUKOV Aleksey Aleksandrovich – research engineer of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is remote ionospheric sounding. The author of 15 publications. E-mail: ElsukovAA@volgatech.net

RYABOVA Maria Igorevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, the propagation of radio waves. The author of 80 publications. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

CHERNOV Andrey Alekseevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is synchronization of HF communication systems and ionospheric sounding, software-defined radio systems. The author of 65 publications. E-mail: ChernovAS@volgatech.net

УДК 621.396.94

ВЛИЯНИЕ РАДИО БЛЭКАУТА НА ЧАСТОТНУЮ ЁМКОСТЬ ЛИНИИ ДЕКАМЕТРОВОЙ СВЯЗИ

Р. Р. Бельгибаев

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

Развит метод пассивного зондирования многомерного ионосферного радиоканала (ионосферной линии ВЧ-связи) непрерывными сигналами с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), требующий для своей реализации минимума аппаратных затрат и позволяющий оценивать в реальном времени его информационно-технические характеристики. Разработанные алгоритмы верифицированы в натурных исследованиях эффекта радио блэкаута 18 апреля 2014 года, вызванного рентгеновской вспышкой на Солнце и связанного с внезапным уменьшением частотной ёмкости линии ВЧ-связи. Проведён сравнительный анализ релаксации интенсивности рентгеновского излучения и наименьших применимых частот (НПЧ) радиолинии Кипр – Йошкар-Ола.

Ключевые слова: короткие волны; многомерный канал; импульсная характеристика; пассивный зонд; блэкаут; частотная ёмкость радиоканала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 13-07-00371-а; 13-02-00524-а; 13-07-97041), госзадания Министерства образования и науки РФ (проекты 8.2697.2014/К, 3.2695.2014/К).

Список литературы

1. Иванов, В.А. Многомерный высокочастотный радиоканал и экспериментальные исследования его характеристик / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Чернов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2013. – Т. 18, № 8. – С. 40-48.
2. Иванов, В.А. Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионозонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2 (12). – С. 15-23.
3. Иванов, В.А. Радиомониторинг нижней ионосферы Земли: монография / В.А. Иванов. – Йошкар-Ола: Марийский гос. технический ун-т, 2010. – 184 с.
4. Иванов, В.А. Зондирование ионосферы и декаметровых каналов связи сложными радиосигналами / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 1 (8). – С. 3-37.
5. Иванов, В.А. Диагностика функции рассеяния декаметровых узкополосных стохастических радиоканалов / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // Радиотехника и электроника. – 2009. – Т. 55, № 3. – С. 285-292.
6. Иванов, В.А. Численные и полунатурные исследования функции рассеяния узкополосных декаметровых радиоканалов / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 46-54.
7. Крюковский, А.С. Исследование особенностей распространения коротких радиоволн в неоднородной анизотропной ионосфере / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Д.В. Растягаев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 17-26.
8. Pickett. Real time tactical frequency management // IEEE Milit. Commun. Conference. – Boston, 1985. – Pp.51–53.
9. Рябова, Н.В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: Монография / Н.В. Рябова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 292 с.
10. Erukhimov, L.M. Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere / L.M. Erukhimov, V.P. Uryadov, Yu.N. Cherkashin, V.A. Eremenko, V.A. Ivanov, N.V. Ryabova, V.V. Shumaev // Waves in Random Media. – 1997. – Vol. 7, № 4. – С. 531-544.
11. Иванов, В.А. ЛЧМ ионозонд и его применение в ионосферных исследованиях (обзор) / В.А. Иванов, В.И. Куркин, В.Е. Носов и др. // Радиофизика. – 2003. – Т.34, № 11. – С.919–952.
12. Иванов, В.А. Исследование факторов, приводящих к искажению высокочастотных сигналов с

расширенным спектром при их квазизенитном распространении в ионосфере / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2011. – Т. 16, № 8. – С. 33-39.

13. *Иванов, В.А.* Исследования коррекции дисперсионных искажений, возникающих в ионосферных радиоканалах с полосой 1 МГц / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, А.Р. Лащевский // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2008. – Т. 13, № 8. – С. 58-66.

14. http://resources.yesican-science.ca/trek/radiation/final/solar_flare_info.html (дата обращения: 16.08.2014).

15. <http://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation> (дата обращения: 16.08.2014).

16. *Кук, Ч.* Радиолокационные сигналы / Ч. Кук, М. Бернфельд. – М.: Советское радио, 1971. – 568 с.

17. *Вакман, Д.Е.* Сложные сигналы и принцип неопределенности в радиолокации / Д. Вакман. – М.: Советское радио, 1971. – 304 с.

18. *Иванов, В.А.* Устройство и алгоритмы

синхронизации радиотехнических систем связи и зондирования ионосферных высокочастотных радиоканалов / В.А. Иванов, Е.В. Катков, А.А. Чернов // *Вестник Марийского государственного технического университета*. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 2 (9). – С. 114-126.

19. *Иванов, В.А.* Автоматическое определение отношения сигнал – шум при измерении функции рассеяния узкополосных декаметровых радиоканалов / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев, А.В. Коркин // *Вестник Марийского государственного технического университета*. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2009. – № 3 (7). – С. 3-12.

20. *Иванов, В.А.* Комплексные методы обработки ионограмм вертикально-наклонного зондирования для определения параметров ионосферных каналов связи / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // *Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника*. – 2014. – № 8. – С. 11-21.

Статья поступила в редакцию 20.08.14.

Ссылка на статью: Бельгибаев Р. Р. Влияние радио блэкаута на частотную ёмкость линии декаметровой связи // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 23-34.

Информация об авторе

БЕЛЬГИБАЕВ Руслан Рашидович – аспирант кафедры высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, радиосвязь. Автор 12 публикаций.

INFLUENCE OF RADIO BLACKOUT ON FREQUENCY CAPACITY OF A DECAMETER COMMUNICATION LINE

R. R. Belgibaev

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

Key words: short waves; multidimensional channel; pulse characteristic; passive probe; blackout; frequency capacity of a radio channel.

ABSTRACT

Introduction. Short waves (high frequencies - HF) are the effective means of solving the problem of providing long-distance wireless communication and the communication in extreme landscapes. The unique properties of HF are determined by the effect of their reflection from the Earth's ionosphere. In this case, the propagation medium is identified with the radio channel. On the ionospheric lines of HF communication, J of partial adjacent frequency channels can be formed. Each channel can have differing parameters. The main parameters are: signal-to-noise ratio and the dispersion in time and frequency domains. The set of partial channels can be considered as a multidimensional radio channel of J dimension. It is evident that the dimension J of such a channel agrees with the frequency capacity of the ionospheric line of HF communication. Unpredictable perturbances of the dimension and the parameters of a multidimensional channel has an adverse effect on the work of HF-communication systems. All of them, including the dimension, are actually the function of the time. Physical processes, leading to such changes, are solar flares, disturbances of the Earth's magnetic field, sporadic E layer etc. In this connection, there are the problems of the determination of the current frequency capacity of a communication line and the choice of the optimal channel from J channels for their implementation. These problems are solved by means of the periodic sounding of the ionospheric communication line (multidimensional channel). It is possible to use the passive LFM-ionosonde for the sounding of a multidimensional radio channel that includes narrowband adjacent partial channels. In this case, communication equipment can be used for receiving sounding signals. However, the approach of passive panoramic sounding requires the development of its algorithmic and software parts. It is particularly important for the research on the influence of ionospheric disturbances on the multidimensional radio channel. One of these disturbances is the effect of radio blackout, which has not been studied thoroughly. It is caused by X-ray solar flares and connected with the sudden decrease of communication line frequency capacity. The **purpose** of the work is the design of algorithms and software for the development of the method of the passive panoramic sounding of a multidimensional channel and the research on the effect of radio blackout on their basis. **Conclusion.** The concept of the frequency capacity of the multidimensional channel is introduced. The classification of ionospheric disturbance types is presented. The principle of the passive sounding of the multidimensional HF radio channel by a complex signal was developed. The corresponding device and the algorithms of optimal signal processing, the display image of the multidimensional channel PDP are presented. The verification of algorithms was carried out using the developed passive device for abrupt blackout research.

The work was carried out with financial support from the Russian Foundation for Basic Research (grants № 13-07-00371-a; 13-02-00524-a; 13-07-97041), the government mandate of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (projects 8.2697.2014/K, 3.2695.2014/K).

REFERENCES

1. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Chernov A. A. Mnogomernyy vysokochastotnyy radiokanal i eksperimental'nye issledovaniya ego kharakteristik [Multidimensional High-frequency Radio Channel and Experimental Research on its Characteristics]. *Elektromagnitnye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2013. Vol.18, № 8. Pp.40-48.
2. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova N.V. et al. Opredelenie osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramnoy ionozonda [Determination of Basic Parameters of a Multidimensional Short-Wave Radio Channel Using Panoramic Ionosonde]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 2 (12). Pp. 15-23.
3. Ivanov V. A. Radiomonitoring nizhnei ionosfery zemli: monografiya [Radiomonitoring of the Lower Ionosphere of the Earth: Monograph]. Yoshkar-Ola: Mariyskiy gos. tekhnicheskiiy un-t, 2010. 184 p.

4. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. Zondirovanie ionosfery i dekametrovykh kanalov svyazi slozhnymi radiosignalami [The Sounding of the Ionosphere and Decameter Communication Channels by Complex Radio Signals]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. № 1 (8). Pp. 3-37.
5. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Tsarev I. E. Diagnostika funktsii rasseyaniya dekametrovykh uzkopolosnykh stokhasticheskikh radiokanalov [Diagnostics of the Scattering Function of Decameter Narrowband Stochastic Radio Channels]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio engineering and electronics]. 2009. Vol. 55, № 3. Pp. 285-292.
6. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Tsarev I. E. Chislennyye i polunaturnyye issledovaniya funktsii rasseyaniya uzkopolosnykh dekametrovykh radiokanalov [Numerical and Semianalytical Investigations of Narrowband Decameter Radio Channel Scattering Function]. *Elektromagnitnye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, № 8. Pp. 46-54.
7. Kryukovsky A. S., Lukin D. S., Rastyagaev D. V. Issledovanie osobennostey rasprostraneniya korotkikh radiovoln v neodnorodnoy anizotropnoy ionosfere [Investigation of the Regularities of Short Radio Wave Propagation in Heterogeneous Anisotropic Ionosphere]. *Elektromagnitnye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, № 8. Pp. 17-26.
8. Picket. Real time tactical frequency management. IEEE Milit. Commun. Conference. Boston, 1985. Pp. 51-53.
9. Ryabova N. V. *Diagnostika i imitatsionnoe modelirovanie pomekhoustoichivyykh dekametrovykh radiokanalov: monografiya* [Diagnostics and Simulation Modeling of Interference Immune Decameter Radio Channels: monograph]. Yoshkar-Ola: MARS-TU, 2003. 292 p.
10. Erukhimov L. M., Uryadov V. P., Cherkashin Yu. N., Eremenko V. A., Ivanov V. A., Ryabova N. V., Shumaev V. V. Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere. *Waves in Random Media*. 1997. Vol. 7, № 4. Pp. 531-544.
11. Ivanov V. A., Kurkin V. I., Nosov V. E. et al. LCHM ionozond i ego primeneniye v ionosfernykh issledovaniyakh (obzor) [LFM Ionosonde and its Application in Ionospheric Research (review)]. *Radiofizika* [Radio Physics]. 2003. Vol. 34, № 11. Pp. 919-952.
12. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I. Issledovanie faktorov, privodyashchikh k iskazheniyu vysokochastotnykh signalov s rasshirennym spektrom pri ikh kvazizenitnom rasprostraneni v ionosfere [The Research on the Factors Leading to the Distortion of High-frequency Spread-spectrum Signals during their Quasi-zenithal Propagation in the Ionosphere]. *Elektromagnitnye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2011. Vol. 16, № 8. Pp. 33-39.
13. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I., Lashchevsky A. R. Issledovaniya korrrektsii dispersionnykh iskazheniy, vznikayushchikh v ionosfernykh radiokanalakh s polosoi 1 MGts [Investigations of the Correction of Dispersive Distortions Arising in Ionospheric Radio Channels with a Band 1 MHz]. *Elektromagnitnye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2008. Vol. 13, № 8. Pp. 58-66.
14. http://resources.yesican-science.ca/trek/radiation/final/solar_flare_info.html (date of reference: 16.08.2014).
15. <http://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation> (date of reference: 16.08.2014).
16. Kuk Ch., Bernfeld M. *Radiolokatsionnyye signaly* [Radiolocation Signals]. Moscow: Sovetskoe radio, 1971, 568 p.
17. Vakman, D. E. *Slozhnyye signaly i printsip neopredelennosti v radiolokatsii* [Complex Signals and Indeterminacy Principle in Radiolocation]. Moscow: Sovetskoe radio, 1971. 304 p.
18. Ivanov V. A., Katkov E. V., Chernov A. A. Ustroystvo i algoritmy sinkhronizatsii radiotekhnicheskikh sistem svyazi i zondirovaniya ionosfernykh vysokochastotnykh radiokanalov [The Construction and Synchronization Algorithms of Radio Engineering Communication Systems and Ionospheric High-Frequency Radio Channel Sounding]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. № 2(9). Pp. 114-126.
19. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Tsarev I. E., Korkin A. V. Avtomaticheskoe opredeleniye otnosheniya signal-shum pri izmerenii funktsii rasseyaniya uzkopolosnykh dekametrovykh radiokanalov [Automatic Identification of Signal-to-Noise Ratio during the Measurement of the Scattering Function of Narrowband Decameter Radio Channels]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2009. № 3 (7). Pp. 3-12.
20. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Kompleksnyye metody obrabotki ionogramm vertikal'no-naklonnogo zondirovaniya dlya opredeleniya parametrov ionosfernykh kanalov svyazi [Integrated Methods of the Processing of the Ionograms of Vertically-oblique Sounding for the Determination of

the Parameters of Ionospheric Communication Channels]. *Uspekhi sovremennoy radioelektroniki. Zarubezhnaya radioelektronika* [Progress of modern

radio electronics. Foreign radio electronics]. 2014. № 8. Pp. 11-21.

The article was received 20.08.14.

Citation for an article: Belgibaev R. R. Influence of radio blackout on frequency capacity of a decameter communication line. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 4 (23). Pp. 23-34.

Information about the author

BELGIBAEV Ruslan Rashidovich – a postgraduate student of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, propagation of radio waves, modeling, radio communication. The author of 12 publications. E-mail: ra4sbt@mail.ru

УДК 550.388.2

СРЫВ СОПРОВОЖДЕНИЯ ФАЗЫ НАВИГАЦИОННОГО СИГНАЛА И ИЗМЕРЕНИЯ ПСЕВДОЗАДЕРЖКИ В АППАРАТУРЕ NovAtel В СПОКОЙНЫХ УСЛОВИЯХ

**А. В. Зувев¹, С. В. Воейков², В. В. Демьянов^{2,3}, В. А. Иванов¹, А. А. Кислицын¹,
А. П. Максиков⁴, Н. В. Рябова¹, М. И. Рябова¹, Ю. В. Ясюкевич²**

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

²Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук,
Российская Федерация, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126 а
E-mail: yasukevich@iszf.irk.ru

³Иркутский государственный университет путей сообщения,
Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Чернышевского, 15
E-mail: sword1971@yandex.ru

⁴Иркутский государственный университет,
Российская Федерация, 664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1
E-mail: 79293@mail.ru

Проведён анализ срывов сопровождения фазы в навигационной аппаратуре NovAtel, регистрирующей сигналы спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Приведено сравнение с типовыми приёмниками, размещаемыми для задач дифференциальной коррекции. Получено, что оборудование NovAtel достаточно устойчиво к ухудшению условий распространения радиосигналов. Вероятность появления срывов сопровождения фазы и псевдозадержки навигационного сигнала на вспомогательной частоте L2 составляет менее 0,25 %. На основной частоте сбои сопровождения фазы практически не наблюдаются.

Ключевые слова: GPS; ГЛОНАСС; сбои сопровождения фазы; космическая погода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 14-35-50802 мол_нр, 13-07-00371-а; 13-02-00524-а; 13-07-97041), гранта президента РФ МК-3771.2013.5; госзадания Министерства образования и науки РФ (проекты 8.2697.2014/К, 3.2695.2014/К).

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность В. И. Куркину, А. В. Медведеву за интерес к работе и ценные замечания.

Список литературы

1. *Hofmann-Wellenhof, B.* Global Positioning System: Theory and Practice / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, J. Collins. – New York. Springer-Verlag Wien, 1992. – 327 p.
2. *Перов, А.И.* ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / А.И. Перов, В.Н. Харисов. – М.: Радиотехника, 2010. – 720 с.
3. *Афраймович, Э.Л.* GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли / Э.Л. Афраймович, Н.П. Перевалова. – Иркутск: Изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.
4. *Иванов, В.А.* Влияние геомагнитных возмущений на полное электронное содержание ионосферы / В.А. Иванов, А.Ю. Желонкин, Н.В. Рябова, А.В. Зуев // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 1 (11). – С. 24-30.
5. *Afraimovich, E. L.* A 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 // J. Space Weather Space Clim. – 2013. – Vol. 3, A27, DOI: 10.1051/swsc/2013049
6. *Ясюкевич, Ю. В.* Отклик ионосферы на солнечные вспышки с и m классов в январе-феврале 2010 г. / Ясюкевич Ю. В., Воейков С. В., Живетьев И. В. и др. // Космические исследования. – 2013. – Т. 51, № 2. – С. 125–135.
7. *Ясюкевич, Ю. В.* Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мыльникова, В. В. Демьянов, В. А. Иванов и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 18-29.
8. *Евдокимов, А. О.* Комплексирование алгоритмов обработки радионавигационных данных и анализа изображений для корректировки маршрута движения наземного транспортного средства / А. О. Евдокимов, А. В. Зуев, А. А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2 (18). – С. 61-72.
9. *Erukhimov, L.M.* Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere / L.M. Erukhimov, V.P. Uryadov, Yu.N. Cherkashin et al // Waves in Random Media. – 1997. – Vol. 7, № 4. – Pp. 531-544.
10. *Иванов, Д.В.* Исследования коррекции дисперсионных искажений, возникающих в ионосферных радиоканалах с полосой 1 МГц / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, А.Р. Лашевский // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2008. – Т. 13, № 8. – С. 58-66.
11. *Иванов, Д.В.* Искажения в ионосфере дециметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой / Д.В. Иванов // Радиотехника и электроника. – 2006. – Т. 51, № 7. – С. 807-815.
12. *Иванов, В.А.* Аппаратура частотного обеспечения в адаптивной системе КВ радиосвязи / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, В.П. Урядов, В.В. Шумаев // Электросвязь. – 1995. – № 11. – С.30-32.
13. *Иванов, В.А.* Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионизонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.Р. и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2 (12). – С. 15-23.
14. *Иванов, В.А.* Канальные параметры рассеяния для среднеширотной ионосферы / В.А. Иванов, Е.В. Катков, М.И. Рябова, А.А. Чернов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3(13). – С. 93-101.
15. *Gurtner W., Estey L.* RINEX: The Receiver-Independent Exchange Format Version 2.11. Available from: <ftp://igsb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/>.

Статья поступила в редакцию 24.09.14.

Ссылка на статью: Зуев А. В., Воейков С. В., Демьянов В. В., Иванов В. А., Кислицын А. А., Максиков А. П., Рябова Н. В., Рябова М. И., Ясюкевич Ю. В. Срыв сопровождения фазы навигационного сигнала и измерения псевдозадержки в аппаратуре NovAtel в спокойных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 35-44.

Информация об авторах

ЗУЕВ Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – радионавигационные и телекоммуникационные системы. Автор 56 публикаций. E-mail: ZuevAV@volgatech.net

ВОЕЙКОВ Сергей Викторович – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН). Область научных интересов – методы исследования ионосферы с использованием Глобальных навигационных спутниковых систем. Автор 100 публикаций. E-mail: serg3108@iszf.irk.ru

ДЕМЬЯНОВ Владислав Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры автоматики и телемеханики, Иркутский государственный университет путей сообщения; главный специалист отдела физики околоземного космического пространства, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – анализ влияния факторов космической погоды на устойчивость работы навигационных систем. Автор 100 публикаций. E-mail: sword1971@yandex.ru

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 260 публикаций. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

КИСЛИЦЫН Алексей Александрович – аспирант кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – исследование ионосферы Земли, радионавигационные системы связи. Автор 21 публикации. E-mail: KislitsinAA@volgatech.net

МАКСИКОВ Алексей Петрович – магистр, Иркутский государственный университет. Область научных интересов – срывы сопровождения навигационного сигнала. Автор двух публикаций. E-mail: 79293@mail.ru

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, адаптивная система. Автор 180 публикаций. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

РЯБОВА Мария Игоревна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, распространение радиоволн. Автор 80 публикаций. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

ЯСЮКЕВИЧ Юрий Владимирович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН). Область научных интересов – исследование ионосферы с использованием Глобальных навигационных спутниковых систем, влияние гелио-геофизических факторов на стабильность работы навигационных систем. Автор 100 публикаций. E-mail: yasukevich@iszf.irk.ru

**FAILURE OF NAVIGATION SIGNAL PHASE TRACKING AND
THE MEASUREMENTS OF PSEUDO-DELAY IN THE EQUIPMENT NovAtel
IN UNDISTURBED CONDITIONS**

*A. V. Zuev¹, S. V. Voeikov², V. V. Demyanov^{2,3}, V. A. Ivanov¹, A. A. Kislitsin¹, A. P. Maksikov⁴,
N. V. Ryabova¹, M. I. Ryabova¹, Yu. V. Yasyukevich²*

¹Volga State University of Technology,

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

E-mail: ZuevAV@volgatech.net

Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

126 a, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation

E-mail: yasyukevich@iszf.irk.ru

³Irkutsk State Transport University,

15, Chernyshevskiy St., Irkutsk, 664074, Russian Federation

E-mail: sword1971@yandex.ru

⁴Irkutsk State University

1, Karl Marx St., Irkutsk, 664003, Russian Federation

E-mail: 79293@mail.ru

Key words: GPS; GLONASS; phase tracking failures; space weather.

ABSTRACT

Introduction. The GPS/GLONASS receiving complex was deployed at Volga State University of Technology for achieving the objectives of remote ionospheric radio sounding. The complex is equipped with the NovAtel FlexPak-V2 receiver with the antenna NovAtel GPS-702GG. The **purpose** of the work is to identify the reliability of the NovAtel FlexPak-V2 receiver operation in undisturbed and disturbed conditions, based on phase tracking failure analysis and the measurement of the pseudo-delay of the navigation signal of GPS and GLONASS systems at frequencies L1 and L2. **The analysis method.** As initial values, the data in RINEX format of the receiver NovAtel are used. For the comparison reason, the data of receivers, located in similar geophysical conditions: JAVAD TRIUMPH-1-G3T receiver (Moscow Region) and Legacy (Kaluga Region) were analyzed. Based on the data of Rinex-files, the following parameters are calculated: the density of navigation signal GPS phase tracking failures for each of the frequencies L1 and L2. For this purpose the number of failures N and the total number of measurements S are calculated; the density of the failures of navigation signal pseudo-delay measurement for each of the frequencies L1 and L2. The accumulation of the measurement and failure number was carried out for 10 minutes. To minimize troposphere effects, only the data of satellites, which rose higher than 10° over the horizon, were used. The accumulation was made for a two-minute interval. **Results.** For the receiver NovAtel under undisturbed geomagnetic conditions, failures of phase tracking and navigation signal pseudo-delay at the auxiliary frequency L2 are less than 0,25 %. At the basic frequency, phase tracking failures are not practically observed. During magnetic storms, any significant increase in the density of navigation signal phase tracking failures was not revealed. For the world network receivers under undisturbed conditions, the number of phase tracking failures at the auxiliary frequency was considerably higher. Meanwhile the maximum likely value of the failure density without the consideration of stable work is 1-2 %. Phase tracking failures at the basic frequency L1 were registered in 40 cases. Under disturbed geomagnetic conditions, for the world network receivers, some increase in the density of navigation signal phase tracking failures at the auxiliary frequency is registered. The maximum density of failures is not more than 12 %. The analysis showed that the phase tracking failures of the world network receivers are registered more regularly than failures of the NovAtel receiver. **Conclusion.** The equipment NovAtel is resistant to the decrease in radio signal propagation conditions. The probability of phase tracking failures on this receiver is extremely low both under disturbed and undisturbed conditions.

The work was carried out with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research (grants № 14-35-50802 мол_нр, 13-07-00371-a; 13-02-00524-a; 13-07-97041), the grant of the President of the Russian Federation MK-3771.2013.5; government mandate of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (projects 8.2697.2014/K, 3.2695.2014/K).

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere appreciation to V. I. Kurkin, A. V. Medvedev for their interest in the work and valuable remarks.

REFERENCES

1. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. Global Positioning System: Theory and Practice. New York. Springer–Verlag Wien. 1992. 327 p.
2. Perov A. I., Harisov V. N. *GLONASS. Printsipy postroyeniya i funktsionirovaniya* [GLONASS. Construction and Operation Principles]. Moscow: Radiotekhnika, 2010. 720 p.
3. Afraimovich E. L., Perevalova N. P. *GPS-monitoring verkhney atmosfery Zemli* [GPS-Monitoring of the Upper Earth's Atmosphere]. Irkutsk: Izd-vo GUNTs RVKh VSNTs SO RAMN, 2006. 480 p.
4. Ivanov V. A., Zhelonkin A. Yu., Ryabova N. V., Zuev A. V. Vliyanie geomagnitnykh vozmushcheniy na polnoe elektronnoe sodержanie ionosfery [The Influence of Geomagnetic Disturbance on Full Electronic Content of the Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 1(11). Pp. 24-30.
5. Afraimovich E. L., Astafyeva E. I., Demyanov V. V. et al A review of GPS/GLONASS studies of the ionospheric response to natural and anthropogenic processes and phenomena. *J. Space Weather Space Clim.* 2013. Vol. 3, A27, DOI: 10.1051/swsc/2013049.
6. Yasyukevich Yu. V., Voeikov S. V., Zhivetev I. V. et al. Otklik ionosfery na solnechnye vspyshki c i m klassov v yanvare–fevrale 2010 g. [The Response of the Ionosphere to Solar Flares of c and m Classes in January–February, 2010]. *Kosmicheskie issledovaniya* [Space research]. 2013, Vol. 51, № 2. Pp. 125–135.
7. Yasyukevich Yu. V., Mylnikova A. A., Demyanov V. V., Ivanov V. A. et al. Sutochnaya dinamika vertikal'nogo polnogo elektronno go sodержaniya nad gorodami Irkutsk i Yoshkar-Ola po dannym GPS/GLONASS i modeli IRI-2012 [Diurnal Dynamics of the Vertical Total Electron Content over the Cities Yoshkar-Ola and Irkutsk According to the Data of GPS/GLONASS and the Model IRI-2012]. *Vestnik PGU. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 3 (19). Pp. 18-29.
8. Evdokimov A. O., Zuev A. V., Kislitsin A. A. Kompleksirovanie algoritmov obrabotki radionavigatsionnykh dannykh i analiza izobrazheniy dlya korrektsirovki marshruta dvizheniya nazemnogo transportnogo sredstva [Complexification of the Algorithms of Radionavigation Data Processing and the Image Analysis for the Correction of the Traffic Route of a Land Transport Vehicle]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univesriteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 2 (18). Pp. 61-72.
9. Erukhimov L. M., Uryadov V. P., Cherkashin Yu. N. et al. Pedersen mode ducting in a randomly stratified. *Waves in Random Media*. 1997. Vol. 7, № 4. Pp. 531-544.
10. Ivanov, D. V. Ivanov V. A., Ryabova M. I., Lashchevsky A. R. Issledovaniya korrektsii disperzionnykh iskazheniy, voznikayushchikh v ionosfernykh radiokanalakh s polosoi 1 MGts [Investigations of the Correction of Dispersive Distortions Arising in Ionospheric Radio Channels with a Band 1 MHz]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2008. Vol. 13, № 8. Pp. 58-66.
11. Ivanov D. V. Iskazheniya v ionosphere dekametrovykh signalov s psevdosluchainoy rabochey chistotoy [Distortions of Decameter Signals with Pseudorandom Operating Frequency in the Ionosphere]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2006. Vol. 51, № 7. Pp. 807-815.
12. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Uryadov V. P., Shumaev V. V. Apparatura chastotnogo obespecheniya v adaptivnoi sisteme KV radiosvyazi [Equipment of Frequency Support in the Adaptive System of Short-wave Radio Communication]. *Elektrosvyaz' [Telecommunication]*. 1995. № 11. Pp. 30-32.
13. Ivanov V. A. Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Opredelenie osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramnogo ionozonda [Determination of Basic Parameters of the Multidimensional Short-Wave Radio Channel Using Panoramic Ionosonde]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 2 (12). P. 15-23.
14. Ivanov V. A., Katkov E. V., Ryabova M. I., Chernov A. A. Kanal'nye parametry rasseyaniya dlya sredneshirotnoy ionosfery [Chanel Dispersion Parameters for the Middle-latitude Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3. Pp. 93-101.
15. Gurtner W., Estey L. . RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.11. Available from: <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/>.

Citation for an article: Zuev A. V., Voeikov S. V., Demyanov V. V., Ivanov V. A., Kislitsin A. A., Maksikov A. P., Ryabova N. V., Ryabova M. I., Yasyukevich Yu. V. Failure of navigation signal phase tracking and the measurements of pseudo-delay in the equipment NovAtel in undisturbed conditions. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 4 (23). Pp. 35-44.

Information about the authors

ZUEV Aleksey Valeryevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is radio navigation and telecommunication systems. The author of 56 publications. E-mail: ZuevAV@volgatech.net

VOEIKOV Sergey Viktorovich – Candidate of Physics and Mathematics, Research Fellow, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISTP SB RAS). The sphere of scientific interests is the research on the ionosphere using global navigation satellite systems. The author of 100 publications. E-mail: serg3108@iszf.irk.ru

DEMYANOV Vladislav Vladimirovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Automatics and Telemechanics of Irkutsk State Transport University; the leading specialist of the Department of Physics of Circumterrestrial Space of the Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The sphere of scientific interests is the analysis of the influence of cosmic weather factors on navigation system work stability. The author of 100 publications. E-mail: sword1971@yandex.ru

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, the propagation of radio waves, modeling and broadband signals. The author of 260 publications. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

KISLITSIN Aleksey Aleksandrovich – a postgraduate student of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the research on the Earth's ionosphere, radio navigation communication systems. The author of 21 publications. E-mail: KislitsinAA@volgatech.net

MAKSIKOV Aleksey Petrovich – master's degree, Irkutsk State University. The sphere of scientific interests is navigation signal tracking failures. The author of 2 publications. E-mail: 79293@mail.ru

RYABOVA Natalia Vladimirovna – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is information and telecommunication systems, the ionosphere, the propagation of radio waves, forecasting, modeling, adaptive systems. The author of 180 publications. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

RYABOVA Maria Igorevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, the propagation of radio waves. The author of 80 publications. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

YASYUKEVICH Yuri Vladimirovich – Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow, Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISTP SB RAS). 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 100 publications. E-mail: yasukevich@iszf.irk.ru

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК: 621.391

АНАЛИЗ УЗКОСПЕКТРАЛЬНЫХ ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПИЩЕВОДА

Д. М. Батухтин¹, Е. В. Пеганова², Н. Н. Митракова¹, А. А. Роженцов¹, Я. А. Фурман¹

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

²ГБУ РМЭ «Республиканская клиническая больница»,
Российская Федерация, 424037, Йошкар-Ола, ул. Осипенко, 33
E-mail: evpeganova@mail.ru

Проведён статистический анализ узкоспектральных эндоскопических изображений внутренней поверхности пищевода. По решению врача-эксперта в пределах ограниченной области поверхности выделен ряд участков, содержащих здоровую ткань или ткань с патологией. Выполнен синтез оптимального по критерию максимального правдоподобия классификатора состояния таких тканей. Обучение классификатора проведено по выборкам значений яркости пикселей изображений тканей в диапазоне синего и зелёного цветов. Тестирование классификатора показало его достаточно высокую эффективность.

Ключевые слова: NBI; эндоскопия; классификация; многомерный статистический анализ; патологии пищевода.

Список литературы

1. Аксель, Е.М. Состояние онкологической помощи населению России и стран СНГ в 2004 г. / Е.М. Аксель // Вестник РОНЦ им. Блохина. – 2006. – Т. 17, № 3, прил. 1. – С. 11-44.
2. Чиссов, В.И. Состояние онкологической помощи населению России в 2008 году / В.И. Чиссов, В.В. Старинский, Г.В. Петрова. – М.: МНИОИ им. П. А. Герцена, 2009. – 256 с.
3. Coia, L.R. Swallowing function in patients' with esophageal cancer treated with concurrent radiation and chemotherapy / L.R. Coia, E.M. Soffen, et al // Cancer. – 1993. – Vol. 71. – Pp. 281-286.
4. Соколов, В.В. Эндоскопическое лечение при раке пищевода / В.В. Соколов, Е.В. Филоненко, Е.С. Карпова и др. // Сибирский онкологический журнал. – 2003. – № 5. – С. 15-17.
5. Перфильев, И.Б. Современные аспекты эндоскопической семиотики нейроэндокринных опухолей желудка / И.Б. Перфильев, В.В. Делекторская, Ю.П. Кувшинов // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2011. – Т. 21, № 4. – С. 27-36.
6. Малихова, О.А. Роль новейших технологий в эндоскопической диагностике и оценке эффективности лечения лимфом желудка / О.А. Малихова, Б.К. Поддубный и др. // Современная онкология. – 2011. – № 3. – С. 111-117.
7. Gono, K. An introduction to high-resolution endoscopy and narrowband imaging / K. Gono; In Cohen J. Editor // Advanced digestive endoscopy: comprehensive atlas of high resolution endoscopy and narrowband imaging. – Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2007. – Pp. 9-22.
8. Gheorghe, C. Narrow-Band Imaging Endoscopy for Diagnosis of Malignant and Premalignant Gastrointestinal Lesions / C. Gheorghe // Journal of gastrointestinal and Liver Diseases. – 2006. – Vol. 15, № 1. – Pp. 77-82.
9. Митракова, Н.Н. Повышение информативности узкоспектральной эндоскопии в диагностике

патологии пищевода / Н.Н. Митракова, Е.В. Пеганова // Эндоскопия. – 2012. – № 4. – С.17-20.

10. *Пеганова, Е.В.* Повышение информативности результатов узкоспектральной эндоскопии в диагностике предраковых заболеваний и раннего рака пищевода / Е.В. Пеганова, Н.Н. Митракова, В.Л. Рыжков и др. // Современные технологии в медицине. – 2012. – № 2. – С. 68-73.

11. *Пеганова, Е.В.* Методика автоматизированного выделения патологии пищевода по узкоспектральным эндоскопическим изображениям /

Е.В. Пеганова, Н.Н. Митракова, А.А. Роженцов, Г.Р. Сазонов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3. – С. 78-84.

12. *Нильсон, Н.Н.* Обучающиеся машины / Н.Н. Нильсон; под ред. Э.М. Бравермана. – М.: Мир, 1967. – 180 с.

13. *Тихонов, В.И.* Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

Статья поступила в редакцию 09.06.14.

Ссылка на статью: Батухтин Д.М., Пеганова Е.В., Митракова Н.Н., Роженцов А.А., Фурман Я.А. Анализ узкоспектральных эндоскопических изображений на внутренней поверхности пищевода // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 45-57.

Информация об авторах

БАТУХТИН Дмитрий Михайлович – аспирант кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений, обработка сигналов. Автор пяти публикаций. E-mail: krtmbs@volgatech.net

ПЕГАНОВА Евгения Викторовна – врач эндоскопического отделения, ГБУ РМЭ «Республиканская клиническая больница». Область научных интересов – эндоскопическая диагностика раннего рака пищеварительной и бронхо-лёгочной систем. Автор 20 публикаций. E-mail: evpeganova@mail.ru

МИТРАКОВА Нина Николаевна – доктор медицинских наук, профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – диагностика и лечение заболеваний желудочно-кишечного тракта. Автор 80 публикаций. E-mail: endomitakova@mail.ru

РОЖЕНЦОВ Алексей Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов. Автор 90 публикаций. E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

ФУРМАН Яков Абрамович – доктор технических наук, профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов, распознавание образов. Автор 150 публикаций. E-mail: FurmanYA@volgatech.net

ANALYSIS OF NBI ENDOSCOPIC IMAGES ON THE INNER SURFACE
OF THE ESOPHAGUSD. M. Batukhtin¹, E. V. Peganova², N. N. Mitrakova¹, A. A. Rozhentsov¹, Ya. A. Furman¹¹Volga State University of Technology,

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

E-mail: krtmbs@volgatech.net

²State Budget Institution of the Republic of Mari El «Republican Clinical Hospital»,

33, Osipenko Street, Yoshkar-Ola, 424037, Russian Federation

E-mail: evpeganova@mail.ru

Key words: NBI; endoscopy; classification; multivariate statistical analysis; esophagus pathology.

ABSTRACT

Introduction. Wide practical application of video endoscopy with refined diagnostic methods makes it possible to extend the range of the received information about morphological changes of mucous coat of esophagus. One of these methods is the high-resolution narrow band endoscopy based on NBI (narrow band imaging) technology. For the objectification of esophagus narrow band research method, the quantitative assessment of the color characteristics of obtained endoscopic images is required. The **purpose** of the work: classification based on mathematical statistics techniques of healthy and damaged tissues of esophagus epithelium in endoscopic images obtained with the help of NBI technology. **Justification of classification possibility.** Each individual pixel of the image may be represented in the RGB coordinate system as a point with coordinates equal to the value of red, green and blue color components of a given pixel correspondingly. Accordingly, the entire set of pixels of the image generates a point field of a particular image. Point fields of the healthy tissue and the tissue with pathology are markedly separated from each other, that creates prerequisites for the automatic classification of esophagus tissue pathology. **Classifier learning stage.** The alphabet of two classes is formed during the training phase of the classifier. A priori the law of the normality of the probability distribution of point luminosity on the tissue surface of the esophagus is adopted. Since the point color is determined by the ratio of three components, each class is specified by three-dimensional normal distribution of the joint probability density of pixel color components. **Basic operations during the training phase of the esophagus tissue classifier:** 1. Learning sample action; 2. Mathematical models of learning samples in the form of the probability density function of random vectors following the normal law are formed; 3. Assessment of the adequacy degree of mathematical models. **The classification algorithm of esophagus surface areas.** The classifier structure comprises two parallel channels. On their inputs the classified sample is given. In the first channel the value of the likelihood of the sample of the mathematical model of the healthy tissue is calculated, and in the second channel, the value of the likelihood of the sample of the mathematical model of pathology is computed. Further, the likelihood ratio is formed, which is compared with a threshold level and based on it the decision about the correspondence with this or another class is made. **Results of experimental classifier check.** It was found that minimum values of the likelihood ratio of all samples greatly exceed the threshold value equal to one, that indicates the possibility of constructing a classifier based on this algorithm. **Conclusion.** On the basis of the algorithms of the narrowband processing of tissue images and the multivariate statistical analysis, the method of the objective distinction of the inner surface of the esophagus between healthy areas and areas with pathology is received. The method is easy to implement and it is very efficient from a practical point of view. The classifier may be used at the stage of the early detection of the esophagus diseases. Another important application of the developed classifier is the possibility of creating the diagnostic card of the esophagus.

REFERENCES

1. Aksel E.M. Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii i stran SNG v 2004 g. Vestnik RONTs im. Blokhina [Cancer Care Facilities in Russia and CIS countries in 2004. Bulletin of the Russian Oncological Scientific Center named after Blokhin]. 2006. Vol. 17, № 3, appl.1. Pp.11-44.
2. Chissov V.I., Starinsky V.V., Petrova G.V. Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2008 godu [Cancer Care Facilities in Russia in 2008]. Moscow: Moscow Scientific and Research Oncological Institute named after P.A. Gertsen, 2009. – 256 p.
3. Coia LR., Soffen EM, et al. Swallowing function in patients' with esophageal cancer treated with concurrent radiation and chemotherapy. Cancer. 1993. Vol. 71. Pp. 281-286.
4. Sokolov V.V., Filonenko E.V., Karpova E.S. et al. Endoskopicheskoe lechenie pri rake pishchevoda [Endoscopic Therapy of Esophagus Cancer]. *Sibirskiy*

onkologicheskii zhurnal [Siberian Oncological Journal]. 2003. № 5. Pp. 15-17.

5. Perfil'yev I. B., Delektorskaya V.V., Kuvshinov Ju. P. et al. Sovremennye aspekty endoskopicheskoy semiotiki neiroendokrinnykh opukholey zheludka [Modern Aspects of Endoscopic Semiotics of Neuroendocrine Tumors of a Stomach]. *Rossiyskiy zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii* [The Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology]. 2011. Vol. 21, № 4. Pp. 27-36.

6. Malikhova O.A., Poddubnyy B.K. et al. Rol' noveyshikh tekhnologiy v endoskopicheskoy diagnostike i otsenke effektivnosti lecheniya limfom zheludka [The Role of High Technologies in Endoscopic Diagnostics and the Estimation of Stomach Lymphoma Therapy Efficiency]. *Sovremennaya onkologiya* [Modern oncology]. 2011. № 3. Pp.111-117.

7. Gono K. An introduction to high-resolution endoscopy and narrowband imaging; In Cohen J. Editor. Advanced digestive endoscopy: comprehensive atlas of high resolution endoscopy and narrowband imaging. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2007. Pp. 9-22

8. Gheorghe C. Narrow-Band Imaging Endoscopy for Diagnosis of Malignant and Premalignant Gastrointestinal Lesions. *Journal of gastrointestinal and Liver Diseases*. 2006. Vol. 15, № 1. Pp. 77-82.

9. Mitrakova N.N., Peganova E.V. et al. Povyshenie informativnosti uzkospektral'noy endoskopii v diagnostike patologii pishchevoda [Informativity Im-

provement of Narrow Band Endoscopy in Esophagus Pathology Diagnostics]. *Endoskopiya* [Endoscopy]. 2012. № 4. Pp. 17-20.

10. Peganova E.V., Mitrakova N.N., Ryzhkov V.L. et al. Povyshenie informativnosti rezul'tatov uzkospektral'noy endoskopii v diagnostike predrakovykh zabolevaniy i rannego raka pishchevoda [Improvement of Informativity of Results of Narrow Band Endoscopy in the Diagnostics of Pre-cancerous Condition and the Early Cancer of Esophagus]. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* [Modern technologies in medicine]. 2012. № 2. Pp. 68-73.

11. Peganova E.V., Mitrakova N.N., Rozhentsov A.A., Sazonov G.R. Metodika avtomatizirovannogo vydeleniya patologii pishchevoda po uzkospektral'nym endoskopicheskim izobrazheniyam [The Method of Automated Detection of Esophagus Pathology by Narrow Band Endoscopic Images]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3. Pp. 78-84.

9. Nilson N.N., Obuchayushchiesya mashiny [Learning Machines]. Edited by E.M. Braverman. Moscow: Mir, 1967. 180 p.

10. Tikhonov V.I., Optimal'nyy priem signalov [Optimum Signal Detection]. Moscow: Radio i svyaz', 1983. 320 p.

The article was received 09.06.14.

Citation for an article: D. M. Batukhtin, E. V. Peganova, N. N. Mitrakova, A. A. Rozhentsov, Ya. A. Furman. Analysis of NBI endoscopic images on the inner surface of the esophagus. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 4 (23). Pp. 45-57.

Information about the authors

BATUKHTIN Dmitry Mikhailovich – a postgraduate student of the Chair of Medical- Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images, signal processing. The author of 5 publications.

E-mail: krtmbs@volgatech.net

PEGANOVA Evgeniya Viktorovna – doctor of the Department of Endoscopy, State Budget Institution of the Republic of Mari El «Republican Clinical Hospital». The sphere of scientific interests is endoscopic diagnostics of early cancer of digestive and bronchopulmonary systems. The author of 20 publications.

E-mail: evpeganova@mail.ru

MITRAKOVA Nina Nikolaevna – Doctor of Medicine, Professor of the Chair of Medical-Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is diagnostics and therapy of gastrointestinal tract diseases. The author of 80 publications.

E-mail: endomitrakova@mail.ru

ROZHENTSOV Aleksey Arkadyevich –Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Medical-Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images and signals. The author of 90 publications.

E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

FURMAN Yakov Abramovich - Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Medical-Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images and signals, pattern recognition. The author of 150 publications.

E-mail: FurmanYA@volgatech.net

УДК 621.391

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ФОРМЕ НА МАММОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ МЕТОДАМИ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА

*Е. А. Романычева¹, Д. М. Батухтин¹, К. О. Иванов¹, В. В. Севастьянов^{1,2},
Я. А. Фурман¹, Р. В. Ерусланов¹*

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

²Центр патологии речи и нейрореабилитации,
Российская Федерация, 424031, Йошкар-Ола, ул. Пролетарская, 65
E-mail: cpr@mari-el.ru

Предложен метод количественного описания по маммографическим данным форм новообразований в теле молочной железы. Для сегментации объектов маммографического изображения с минимальным искажением формы использована процедура локально-оптимальной пороговой обработки изображений. Сформировано аналитическое описание изображений комплекснозначными контурами и вычислен коэффициент линейности объектов. Показано существенное различие значений коэффициентов линейности контуров злокачественных и доброкачественных новообразований.

Ключевые слова: глобально-оптимальная процедура получения порога по яркости; коэффициент линейности; локально-оптимальная процедура получения порога по яркости; маммография; прослеживание контуров; фильтр скользящего среднего; элементарный вектор.

Список литературы

1. Шах, Б.А. Лучевая диагностика заболеваний молочной железы / Б.А. Шах, Дж.М. Фундаро, С. Мандова; пер. с англ. А.А. Митрюхина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 312 с.
2. Система описания и обработки данных исследования молочной железы. Маммологический атлас / Под ред. В.Е. Синицина. – М.: ИД «МЕД-ПРАКТИКА-М», 2010. – 464 с.
3. Фишер, У. Маммография: 100 клинических случаев / Уве Фишер, Фридельманн Баум; пер. с англ. В.А. Климова; Под общ. ред. проф. Н.В. Заболотской. – М.: МЕДпресс-информ. – 2009. – 368 с.
4. Труфанов, Г. Е. Руководство по лучевой диагностике заболеваний молочных желез / Под ред. Г.Е. Труфанова; Издание 3-е. – СПб.: «Элби-СПб», 2014. – 351 с.
5. Маммология. Национальное руководство / Под ред. В. П. Харченко, Н. И. Рожковой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 328 с.
6. Лучевая анатомия молочных желез и органов малого таза женщины / под ред. Т.Н.Трофимовой. – СПб.: СПбМАПО, 2009. – 144 с.
7. Труфанов, Г. Е. УЗИ с эластографией в маммологии / Г. Е. Труфанов, В. В. Рязанов, Л. И. Иванова. – М.: ЭЛБИ-СПб, 2013. – 256 с.
8. МРТ в маммологии : [монография] / Г. Е. Труфанов, С. В. Серебрякова, Е. А. Юхно ; Воен.-мед. акад. – Санкт-Петербург : ЭЛБИ-СПб, 2009. – 200 с.
9. Цифровая маммологическая клиника / Под ред. Н. И. Рожковой, В. А. Горшкова, Н. И. Рожкова и др. – М.: СИМК, 2012. – 157 с.
10. Фурман, Я. А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Пердреев и др.; под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
11. Furman, Ya. A., Extraction and Linear Filtering of Closed Polygonal Contours of Images / Ya. A. Furman, V. V. Yanshin // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1994. – Vol. 4, № 2. – Pp.146-166.
12. Розенфельд, А. Распознавание и обработка изображений / А. Розенфельд. – М.: Мир, 1972. – 230 с.
13. Бакут, П. А. Сегментация изображений: методы пороговой обработки / П. А. Бакут, Г. С. Колмогоров, И. Э. Ворновицкий // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – № 10. – С.6-24.
14. Бакут, П.А. Сегментация изображений: методы выделения границ областей / П.А. Бакут, Г.С. Колмогоров // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – № 10. – С. 25–47.

15. *Фурман, Я.А.* Распознавание образов и анализ изображений / Я.А. Фурман, И.Л. Егошина // Труды IV Межд. конференции, РОАИ-4-98, Новосибирск, 11-18 октября, 1998. – Ч. I. – Новосибирск: ИАиЭ СО РАН, 1998. – С. 76-80.

16. *Фурман, Я.А.* Согласованная фильтрация контуров изображений / Я.А. Фурман // Радиотехника. – 1995. – № 6. – С.30-33.

17. *Фурман, Я.А.* Согласованные контурные фильтры / Я.А. Фурман, И.Л. Егошина // Радиотехника. – № 7. – 1998. – С. 33-39.

18. *Furman, Ya.A.* Distinguishing the Contours of Images with Extended Rectilinear Boundaries / Ya.A. Furman, I.L. Egoshina // Pattern Recogn. and Image Analysis. – 1999. – Vol. 9, No. 2. – Pp. 251-253.

19. *Furman, Y.A.* Spectral Analysis and Filtering of Closed Polygonal Contours of Images / Y.A. Furman, W.W. Janshin // Pattern Recognition and Image analysis. – 1992. – Vol. 2, № 3. – Pp. 306-318.

Статья поступила в редакцию 09.06.14.

Ссылка на статью: Романычева Е. А., Батухтин Д. М., Иванов К. О., Севастьянов В. В., Фурман Я. А., Ерусланов Р. В. Классификация объектов по их форме на маммографических изображениях методами контурного анализа // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 58-74.

Информация об авторах

РОМАНЫЧЕВА Екатерина Андреевна – аспирант кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – маммография, цифровая обработка рентгеновских изображений. E-mail: krtmbs@volgatech.net

БАТУХТИН Дмитрий Михайлович – аспирант кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений, обработка сигналов. Автор пяти публикаций. E-mail: krtmbs@volgatech.net

ИВАНОВ Константин Олегович – аспирант кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов. Автор 5 публикаций. E-mail: krtmbs@volgatech.net

СЕВАСТЬЯНОВ Виктор Викторович – доктор медицинских наук, профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет; главный врач Центра патологии речи и нейрореабилитации нейро-сенсорных и двигательных нарушений Министерства здравоохранения Республики Марий Эл. Область научных интересов – неврология, программируемая электростимуляция, лазеростимуляция, медикаментозная терапия, лечение речевых нарушений с применением радиоэлектронных устройств. Автор 145 публикаций и девяти патентов за рубежом. E-mail: cpr@mari-el.ru

ФУРМАН Яков Абрамович – доктор технических наук, профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов, распознавание образов. Автор 150 публикаций. E-mail: FurmanYA@volgatech.net

ЕРУСЛАНОВ Руслан Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов, распознавание образов. Автор 10 публикаций. E-mail: krtmbs@volgatech.net

CLASSIFICATION OF OBJECTS ACCORDING TO THEIR SHAPE IN MAMMOGRAPHIC IMAGES USING LOOP ANALYSIS

*E. A. Romanycheva¹, D. M. Batukhtin¹, K. O. Ivanov¹, V. V. Sevastyanov^{1,2},
Ya. A. Furman¹, R. V. Eruslanov¹*

¹Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: krtmbs@volgatech.net

²Centre of Speech Pathology and Neuro-Rehabilitation,
65, Proletarskaya St., Yoshkar-Ola, 424031, Russian Federation
E-mail: cpr@mari-el.ru

Key words: globally optimal procedure of obtaining the brightness threshold; coefficient of linearity; locally optimal procedure of obtaining the brightness threshold; mammography; tracing of contours; moving average filter; elementary vector.

ABSTRACT

The paper reveals the relevance of X-ray mammography for diagnosing breast cancer. The advantages of the approach and its efficiency for breast screening examination are noted. The study **aims** to develop quantitative methods for describing the shapes of breast neoplasms using mammography data (i.e. halftone X-ray images). Digital copies of real mammography images served as the database for the study. The paper presents the key image features that will enable the physician to identify and classify breast abnormalities and offers the analysis of the background of digital X-ray mammographic images. The shape of the object in a mammographic image conveys important information relevant for diagnosing breast diseases. The objects of tissue indurations have shapes formed by extended straight segments, and the boundaries of malignant tumors are considerably cut up. The mathematical apparatus of the loop analysis was used to analyze the shapes of the objects. Tracking of object contours was carried out on a binary scene obtained as a result of thresholding. Since most of the diagnostic information is stored in the shape of the objects of the scene, it is essential to select such a threshold for image binarization after which image objects have minimal distortions. The locally optimal procedure of obtaining the brightness threshold was used for calculating the threshold. The main point of the procedure consists in the following steps. An area that includes the object of interest and the part of its background is selected in the image plane. Image area brightness histogram is constructed, which is followed by calculating the correlation between the length of the object contour and the value of brightness threshold for obtaining an image binary scene. A threshold value is considered to be optimal if it corresponds to the minimum length of the object contour that is selected from the neighborhood of the dip point in the image area brightness histogram. After thresholding of the image area, tracking of the object contour line is performed based on Rosenfeld's algorithm. The detected contour undergoes the equalization and normalization procedures. Then a search for straight segments is carried out within the contour. To that end, the contour is subject to matched filtering and then, within the matched filter window, the ratio of the true value of the sum of vectors to the sum of their modules is calculated. If the value obtained is not less than the threshold value, the vectors within the window are considered to lie on the same straight line. Subsequently, the coefficient (index) of straightness is computed equal to the ratio of the number of vectors forming the straight line to the total number of vectors within the contour. The object in the image is classified based on the calculated value of the straightness coefficient. **Results.** The contours of the objects of breast tissue indurations are characterized by the high value of the straightness coefficient (about 0.3-0.4), while much lower straightness index values (about 0.05-0.1) are typical of the contours of malignant neoplasms. The results demonstrate the efficiency of the methods of local thresholding of images, as well as the effectiveness of the analysis of the shape of detected contours for getting informative characteristics used for classifying breast neoplasms.

REFERENCES

1. Shakh B.A., Fundaro Dzh. M., Mandova S., Luchevaya diagnostika zabolevaniy molochnoy zhelezy [Radiodiagnostics of Breast Diseases]; translation from English A. A. Mitryukhin. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. – 312 p.
2. Sistema opisaniya i obrabotki dannykh issledovaniya molochnoy zhelezy Mammologicheskii atlas [The System of the Description and Processing of Breast Examination Data. Mammological Atlas]. Edited by V.E. Sinitsin. Moscow: Publishing House «MEDPRACTICE - M», 2010. 464 p.
3. Fisher U., Fridelmann Baum Mammografiya: 100 klinicheskikh sluchaev [Mammography: 100 Clinical Cases]; translation from English V.A. Klimov; edited by Prof. N.V. Zabolotskay. Moscow: MEDpress-inform, 2009. 368 p.
4. Trufanov G. E. Rukovodstvo po luchevoj diagnostike zabolevaniy molochnykh zhelez [Guidelines for Breast Disease Radiodiagnostics]. The third edition / Edited by G.E. Trufanov. Saint-Petersburg: «Elbi-SPb», 2014. -351 p.
5. Mammologiya. Natsional'noe rukovodstvo [Mammology. National Guidance]. Edited by V. P. Harchenko, N. I. Rozhkova. Moscow: GEOTAR-Media, 2009. 328 p.
6. Luchevaya anatomiya molochnykh zhelez i organov malogo taza zhenshchiny [X-ray Anatomy of Breast and Pelvic]. edited by T. N. Trofimova. SPb.: St. Petersburg Academy of Medical Postgraduate Studies, 2009. 144 p.
7. Trufanov G. E., Ryazanov V. V., Ivanova L. I. UZI s elastografiy v mammologii [Ultrasound Examination with Flexography in Mammology]. Moscow: ELBI-SPb, 2013. 256 p.
8. MRT v mammologii [MRI in Mammology]: [monograph]. G. E. Trufanov, S. V. Serebryakova, E. A. Jukhno; Military Medical Academy-Saint-Petersburg: ELBI-SPb, 2009. 200 p.
9. Tsifrovaya mammologicheskaya klinika [Digital Mammological Clinic]. Edited by N. I. Rozhkova, V. A. Gorshkova and others. M.: SIMK, 2012. 157 p.
10. Furman Ja. A., Krevetsky A. V., Perevreev A.K. et al. Vvedenie v konturnyi analiz i ego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov [Introduction to Loop Analysis and its Applications to Image and Signal Processing]; edited by Ja. A. Furman. the second edition, revised. Moscow: FIZMATLIT, 2003. 592 p.
11. Furman Ya. A., Yanshin V. V. Extraction and Linear Filtering of Closed Polygonal Contours of Images. Pattern Recognition and Image Analysis. 1994. Vol. 4, № 2. Pp.146-166.
12. Rozenfeld A. Raspoznavanie i obrabotka izobrazheniy [Recognition and Processing of Images]. Moscow: Mir, 1972. 230 p.
13. Bakut, P. A., Kolmogorov G.S., Vornovitsky I. E. Segmentatsiya izobrazheniy: metody porogovoy obrabotki [Image Segmentation: Thresholding Methods]. *Zarubezhnaya radioelektronika*. [Foreign Radio Electronics]. – 1987. – № 10. Pp. 6-24.
14. Bakut P.A., Kolmogorov G.S. Segmentatsiya izobrazheniy: metody vydeleniya granits oblastey [Image Segmentation: Area Boundaries Detection Methods]. *Zarubezhnaya radioelektronika* [Foreign Radio Electronics]. 1987. № 10. Pp. 25–47.
15. Furman Ja. A., Egoshina I. L. Raspoznavanie obrazov i analiz izobrazheniy: Trudy IV Mezhd. konferentsii [Pattern Recognition and Image Analysis: Proceedings of the IV International Conference]. ROAI-4-98, Novosibirsk, October 11-18, 1998. – Ch. I. Novosibirsk: Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. Pp. 76-80.
16. Furman, Ja. A. Soglasovannaya fil'tratsiya konturov izobrazheniy [Matched Filtering of Image Contours]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 1995. № 6. Pp. 30-33.
17. Furman Ja. A., Egoshina I. L. Soglasovannye konturnye fil'try [Matched Loop Filters]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 1998. №7. Pp. 33-39.
18. Furman Ya.A., Egoshina I.L. Distinguishing the Contours of Images with Extended Rectilinear Boundaries. Pattern Recogn. and Image Analysis. 1999. Vol. 9, No. 2. Pp. 251-253.
19. Furman Y.A., Janshin W.W. Spectral Analysis and Filtering of Closed Polygonal Contours of Images. Pattern Recognition and Image analysis. 1992. Vol. 2, № 3. Pp. 306-318.

The article was received 09.06.14.

Citation for an article: Romanycheva E. A., Batukhtin D. M., Ivanov K. O., Sevastyanov V. V., Furman Ya. A., Eruslanov R. V. Classification of objects according to their shape in mammo-graphic images using loop analysis. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 4 (23). Pp. 58-74.

Information about the authors

ROMANYCHEVA Ekaterina Andreevna – a postgraduate student of the Chair of Medical-Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is mammography, digital processing of X-ray images. E-mail: krtmbs@volgatech.net

BATUKHTIN Dmitry Mikhailovich – a postgraduate student of the Chair of Medical- Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images, signal processing. The author of 5 publications. E-mail: krtmbs@volgatech.net

IVANOV Konstantin Olegovich – a postgraduate student of the Chair of Medical- Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images and signals. The author of 5 publications. E-mail: krtmbs@volgatech.net

SEVASTYANOV Viktor Viktorovich – Doctor of Medicine, Professor of the Chair of Medical and Biological System Engineering, Volga State University of Technology, the Head Doctor of the Centre of Speech Pathology and Neuro-Rehabilitation of Neurosensory and Movement Disorders of the Ministry of Healthcare of the Republic of Mari El. The sphere of research interests is neurology, programmable electrostimulation, laser stimulation, pharmacological treatment, speech disorders treatment using radio electronic devices. The author of 145 publications and 9 patents abroad. E-mail: cpr@mari-el.ru

FURMAN Yakov Abramovich - Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Medical-Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images and signals, pattern recognition. The author of 150 publications. E-mail: FurmanYA@volgatech.net

ERUSLANOV Ruslan Valentinovich –Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Medical-Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is digital processing of images and signals, pattern recognition. The author of 10 publications. E-mail: krtmbs@volgatech.net

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.385 (043.3)

УСКОРЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Ю. В. Захаров, Н. Г. Моисеев

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

Рассмотрены вопросы построения математических моделей для ускоренной оценки и прогнозирования технического состояния электронных средств. С целью сокращения времени испытаний изделий предлагаются форсированные режимы эксплуатационных факторов. Для моделирования используются специальные планы активного эксперимента. Получены математические модели для ускоренной оценки технического состояния электронно-лучевого прибора 8ЛО4И.

Ключевые слова: ускоренные испытания; математическая модель; форсированный режим; планирование эксперимента; регрессионный анализ; прогнозирование.

Список литературы

1. Бурлаченко, Л. В. Методика ускоренных испытаний РЭС на долговечность / Л. В. Бурлаченко // Надёжность и качество: Труды междунар. симп.: в 2 т.; под ред. Н. К. Юркова. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2008. – Т. 2. – С. 8-11.
2. Волков, А. Н. Роль ускоренных испытаний в определении надёжности интегральных схем / А. Н. Волков // Молодой учёный. – 2012. – № 10. – С. 41-52.
3. Моисеев, Н. Г. Надёжностно-ориентированное проектирование изделий электронной техники / Н. Г. Моисеев // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2008. – № 1(2). – С. 88-95.
4. Романов, В. С. Количественная оценка надёжности интегральных микросхем по результатам форсированных испытаний / В. С. Романов // Электронные компоненты и системы. – 2003. – № 10 (74). – С. 3-6.
5. Фёдоров, В. К. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В. К. Фёдоров. – М.: Техносфера, 2005. – 504 с.
6. Ямпурин, Н. П. Основы надёжности электронных средств / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 240 с.

Статья поступила в редакцию 17.10.14.

Ссылка на статью: Захаров Ю. В., Моисеев Н. Г. Ускоренная оценка технического состояния электронных средств // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 75-81.

Информация об авторах

ЗАХАРОВ Юрий Владимирович – кандидат технических наук, профессор кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – математическое моделирование и надёжность электронных средств. Автор 74 публикаций. E-mail: ZaharovYV@volgatech.net

МОИСЕЕВ Николай Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-вычислительных систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ускоренные испытания на надёжность и надёжностно-ориентированное проектирование изделий электронной техники. Автор 28 публикаций. E-mail: MoiseevNG@volgatech.net

ACCELERATED ESTIMATION OF THE TECHNICAL STATE OF ELECTRONIC MEANS

Yu. V. Zaharov, N. G. Moiseev

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

Key words: accelerated tests; mathematical model; forced regime; planning an experiment; regression analysis; forecasting.

ABSTRACT

Introduction. The increase in requirements for the reliability of electronic means demands the development of methods, that allows estimating their technical state during the operations phase efficiently and with high validity. The development of such methods is impossible without obtaining models, representing the set of analytical dependences, connecting the technical state of an electronic means with affecting factors and the operating time. Obtaining these dependences requires a long period of product testing in the normal regime. The **purpose** of the work is the reduction of the time of product testing (electronic devices, modules, nodes, blocks), entering into the composition of an electronic means. The method of accelerated estimation and the forecasting of their technical state with the application of forced regimes of affecting factors is suggested. The main difference of the suggested method from other methods is that here several factors, functioning simultaneously are taken as affecting factors. Meanwhile, the level of factors, that doesn't reach the limiting value, is chosen to increase the probability of keeping the physical picture of «aging» of the electronic means while simultaneous ensuring a higher coefficient of its technical state estimation acceleration. For obtaining the mathematical model of the dependence of controlled parameters of the product from the operating regimes and time, tests are conducted according to special plans, which are made in accordance with the active experiment planning theory. The product is tested in a forced regime until one of its parameters reaches an operation capacity limit; meanwhile other parameters have the operability reserve. Further there is the time of reaching the operation capacity limit by this product parameter in the normal regime. The ratio gives the coefficient of the accelerated estimation of the product technical state. The product parameters are chosen during tests. The largest time drift is observed for these parameters, they are the most informative. **Conclusion.** The method was tested on electron-beam devices 8/Ю4И. The developed method allows estimating the technical state of electronic means at any moment of operation and for various forced regimes of affecting factors. Its application gives an opportunity of decreasing the product testing time and forecasting the change of quality parameters.

REFERENCES

1. Burlachenko L. V. Metodika uskorennykh ispytaniy RES na dolgovechnost' [The Method of REM Durability Accelerated Tests]. *Nadyozhnost' i kachestvo: Trudy mezhdunar. simp.: v 2 t.* [Reliability and Quality: Proceedings of the International Symposium: 2 Volumes]; edited by N. K. Yurkov. Penza: Izd-vo PGU, 2008. Vol. 2. Pp. 8-11.
2. Volkov A. N. Rol' uskorennykh ispytaniy v opredelenii nadyozhnosti integral'nykh skhem [The Role of Accelerated Tests in the Determination of the Reliability of Integrated Circuits]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist]. 2012. № 10. Pp. 41-52.
3. Moiseev N. G. Nadyozhnostno-orientirovanoe proektirovanie izdeliy elektronnoy tekhniki [Reliability-oriented Design of Electronic Engineering Products]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2008. № 1(2). Pp. 88-95.
4. Romanov V. S. Kolichestvennaya otsenka nadyozhnosti integral'nykh mikroskhem po rezul'tatam forsirovannykh ispytaniy [Quantitative Assessment of the Reliability of Integrated Microcircuits on the Results of Forced Tests]. *Elektronnye komponenty i sistemy* [Electron components and systems]. 2003. № 10 (74). Pp. 3-6.
5. Fyodorov V. K. Kontrol' ispytaniya v proektirovanii i proizvodstve radioelektronnykh sredstv [Control and Tests in Design and Production of Radio Electronic Means]. Moscow: Tekhnosfera, 2005. 504 p.
6. Yampurin N. P., Baranova A. V. Osnovy nadyozhnosti elektronnykh sredstv [Basis of Electronic Means Reliability]. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2010. 240 p.

The article was received 17.10.14.

Citation for an article: Zaharov Yu. V., Moiseev N. G. Accelerated estimation of the technical state of electronic means. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 4 (23). Pp. 75-81.

Information about the authors

ZAHAROV Yury Vladimirovich – Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Design and Production of Computing Systems at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is mathematical modeling and the reliability of electronic means. The author of 74 publications. E-mail: ZaharovYV@volgatech.net

MOISEEV Nikolay Gennadyevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Computer Systems at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the accelerated reliability tests and reliability-oriented design of electronic engineering products. The author of 28 publications. E-mail: MoiseevNG@volgatech.net

УДК 621.317

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ВИДЕОКАМЕРЫ И АКСЕЛЕРОМЕТРА

О. А. Шаповалова, Ю. А. Подчашинский

Житомирский государственный технологический университет,
Украина, 10005, Житомир, ул. Черняховского, 103
E-mail: ju.podchashinskiy@gmail.com

Измерение параметров движения производственного оборудования необходимо для контроля и управления ходом технологического процесса. Например, это может быть оборудование на предприятиях по добыче и обработке природного камня. Более точный результат измерения параметров движения достигается благодаря комплексированию нескольких средств измерений. Предложена схема измерительной системы на основе видеокамеры и акселерометра, применены алгоритмы оценивания для получения параметров движения, выполнено численное моделирование.

Ключевые слова: параметры движения; комплексирование средств измерений; алгоритм оценивания; фильтр Калмана; экспоненциальное сглаживание; видеоизображение.

Список литературы

1. Смолов, В. Б. Специализированные процессоры. Итерационные алгоритмы и структуры / В. Б. Смолов, В. Д. Байков. – М.: Радио и связь, 1985. – 288 с.
2. Самотокін, Б.Б. Лекції з теорії автоматичного керування : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Б. Б. Самотокін. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 508 с.
3. Претт, У. Цифровая обработка изображений / У. Претт. – М.: Мир, 1982. – 792 с.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
5. А. С. № 520727 СССР кл. Н 04 N 7/18. Устройство для измерения параметров движение объектов /А. К. Беляев, В. И. Гриценко, Г. И. Корниенко, Б. Г. Мудла (СССР). – № 3436585/18-09; заявл. 17.05.82; опубл. 23.12.83, Бюл. № 47.
6. Пат. 103422 С2 Україна, МПК (2013.01) G 01 B 7/00. Пристрій для вимірювання параметрів руху об'єктів/ Подчашинський Ю. О., Шаповалова О.О.; заявник і власник патенту ЖДТУ. – № а2012 08343; заявл. 07.07.12; опубл. 10.06.13, Бюл. № 11.
7. Артемьев, В. М. Справочное пособие по методам исследования радиоэлектронных следящих систем / В. М. Артемьев. – М.: Высшая школа, 1984. – 168 с.
8. Кузьмин, С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин. – М.: Советское радио, 1974. – 432 с.
9. Безвесильная, Е.Н. Повышение точности измерителей линейных ускорений на основе искусственной нейронной сети / Е.Н. Безвесильная, Ю. А. Подчашинский// Оптимизация производственных процессов: сб. научных трудов. – Севастополь: Издательство СевНТУ, 2010. – № 12. – С. 17-22.
10. Безвесильная, Е.Н. Алгоритмические методы определения линейных ускорений в реальном времени / Е.Н. Безвесильная, Ю. А. Подчашинский // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автоматика и приборостроение. – 2010. – № 23. – С. 13 – 21.
11. Пат. 91315 С2 Украина, МПК (2009) G 01 B 11/26, G 01 P 21/00. Способ выставления осей чувствительности акселерометров / Безвесильная Е.Н., Подчашинский Ю. А., Ткаченко С. С., Остапчук А. А., Кондратюк Ж. М., Киричук Ю. В.; заявитель и патентообладатель ЖГТУ. – № а2009 11277 ; заявл. 06.11.09 ; опубл. 12.07.10, Бюл. № 13.

Статья поступила в редакцию 21.08.14.

Ссылка на статью: Шаповалова О. А., Подчашинский Ю. А. Измерение параметров движения производственного оборудования на основе комплексирования видеокамеры и акселерометра // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4 (23). – С. 82-92.

Информация об авторах

ШАПОВАЛОВА Оксана Александровна – ассистент кафедры компьютеризованных систем управления и автоматики, Житомирский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка видеоизображений, методы измерения механических величин. Автор 12 публикаций. E-mail: ksyxon@gmail.com

ПОДЧАШИНСКИЙ Юрий Александрович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой компьютеризованных систем управления и автоматики, Житомирский государственный технологический университет. Область научных интересов – компьютеризованные системы управления, цифровая обработка видеоизображений, методы измерения механических величин. Автор 120 публикаций. E-mail: ju.podchashinskiy@gmail.com

MEASUREMENT OF PRODUCTION EQUIPMENT MOTION PARAMETERS BASED ON THE INTERCONNECTION OF A CAMCORDER AND AN ACCELEROMETER

Shapovalova O. A., Podchashinsky Yu. A.

Zhytomyr State Technological University,
103, Chernyakhovsky St., Zhytomyr, 10005, Ukraine
E-mail: ju.podchashinskiy@gmail.com

Key words: motion parameters; interconnection of measuring tools; estimation algorithm; Kalman filter; exponential smoothing; video image.

ABSTRACT

Introduction. The measurement of the motion parameters of production equipment is essential for the process monitoring and regulation. For instance, it can be the equipment at the enterprises, working in the field of natural stone mining and processing. Physical principles of the measurement of production equipment motion can be different. The results of motion parameter measurements, that are more accurate, are achieved due to the interconnection of different measuring tools. At present, the literature lacks data on the use of a camcorder in interconnection problems. The camcorder records the motion of production equipment with low velocities. For these regimes of measurements and the control of production equipment, the highest accuracy is required. The problems of the development and modeling of the algorithms of the estimation and interconnection of data from manifold information measurement sources for the observation and control for production equipment motion are important and urgent. **The purpose of the work** is the increase in determination accuracy of production equipment motion parameters based on the interconnection of a camcorder and an accelerometer, as well as the modeling of the optimal algorithms of the estimation of motion parameters, received from mentioned measuring tools. To implement the given objective, the following problems were solved: the scheme of the interconnection of information measurement sources for obtaining the efficient estimators of production equipment motion parameters by the filtering method was developed; the algorithms of the estimation of production equipment motion parameters, such as the numerical method of differentiation, Kalman filter and exponential smoothing were investigated. Two devices: an accelerometer and a camcorder are used as the sources of measuring information. The interconnection of given measuring devices according to the filtering scheme is applied as the interconnection method. The algorithms of the estimation of production equipment motion parameters are modeled in the program Simulink. Among other estimation methods, exponential smoothing gives a more accurate estimate of motion parameters in comparison with the numerical differentiation and Kalman filter. **Conclusion.** The results of numerical modelling on the observation interval (6...14) seconds confirm the efficiency of the interconnection of the digital camcorder and the accelerometer. Measurement results can be used for the process monitoring at stone mining and processing enterprises and the improvement of the quality of natural stone products.

REFERENCES

1. Smolov V. B., Baykov V. D. *Spetsializirovannyye protsessory. Iteratsionnye algoritmy i struktury* [Specialized processors. Iterative algorithms and structures]. Moscow: Radio i svyaz', 1985. 288 p.
2. Samotokin B.B. *Lekcii z teorii avtomatichnogo keruvannya* [Lectures on the theory of automatic control]. Zhytomir: ZHITI, 2011. 508 p.
3. Prett U. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniya* [Digital Image Processing]. Moscow: Mir, 1982. 792 p.
4. Gonsales R., Vuds R. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniya* [Digital Image Processing]. Moscow: Tekhnosfera, 2005. 288p.
5. Belyaev A.K., Gritsenko V. I., Kornienko G. I., Mudla B. G.. *Ustroystvo dlya izmereniya parametrov dvizheniya ob'ektov* [A device for measuring the movement of objects] Patent SSSR, no 3436585/18-09, 1983.
6. Podchashinskiy Ju. A., Shapovalova O. A. *Pristriy dlya vimiryuvannya parametriv rukhu ob'ektiv* [A device for measuring movement of objects]. Patent Ukraine, no a2012 08343, 2013.
7. Artem'ev V.M.. *Spravochnoe posobie po metodam issledovaniya radioelektronnykh sledyashchih system* [Handbook on methods of research electronic tracking systems]. Moscow: Vysshaya shkola, 1984. 168 p.
8. Kuz'min S. Z. *Osnovy teorii tsifrovoy obrabotki radiolokatsionnoy informacii* [Fundamentals of the theory of digital radar data processing]. Moscow: Sovetskoe radio, 1974. 432 p.
9. Bezvesil'na O. M., Podchashyn's'kyj Ju. O. *Povyshenie tochnosti izmeriteley lineynykh uskoreniy na osnove iskusstvennoy neyronnoy seti* [Improving the accuracy of meters linear acceleration based on artificial neural network]. *Optimizatsiya proizvodstvennykh protsessov: sb. nauchnykh trudov* [Optimization of production processes: collection of scientific works]. Sevastopol': Izdatel'stvo SevNTU, 2010. № 12. Pp. 17 – 22.
10. Bezvesil'na O. M., Podchashyn's'kyj Ju. O. *Algoritmicheskie metody opredeleniya lineynykh uskoreniy v real'nom vremeni* [Algorithmic methods of determining the linear acceleration in real time]. *Vestnik NTU «KhPI». Ser.: Avtomatika i priborostroenie* [Vestnik of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». Ser.: Automation and Instrumentation]. 2010. № 23. Pp. 13 – 21.
11. Bezvesil'na O. M., Podchashyn's'kyj Ju. O., Tkachenko S. S., Ostapchuk A. A., Kondratjuk Zh. M., Kyrychuk Ju. V. *Sposob vystavleniya osej chuvstvitel'nosti akselerometrov* [Method alignment of axes sensitivity accelerometers]. Patent Ukrai'na, no 91315, 2010.

The article was received 21.08.14.

Citation for an article: Shapovalova O. A., Podchashinsky Yu. A. Measurement of production equipment motion parameters based on the interconnection of a camcorder and an accelerometer. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 4 (23). Pp. 82-92.

Information about the authors

SHAPOVALOVA Oksana Aleksandrovna – an assistant of the Chair of Computerized Management and Automation Systems, Zhytomir State Technological University. The sphere of scientific interests is digital video image processing, methods for measuring of mechanical quantities. The author of 12 publications. E-mail: ksyxon@gmail.com

PODCHASHINSKIY Yuri Aleksandrovich – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, the Head of the Chair of Computerized Management and Automation Systems, Zhytomir State Technological University. The sphere of scientific interests is computerized management systems, digital video image processing and methods for measurement of mechanical quantities. The author of 120 publications. E-mail: ju.podchashinskiy@gmail.com

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

УДК: 378.662(470.343):001.38

IV ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Д. В. Иванов, Ю. С. Андрианов, П. А. Нехорошков

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

Приведены итоги проведения мероприятий IV Фестиваля науки в Республике Марий Эл и участия Поволжского государственного технологического университета в мероприятиях, проводимых на центральных площадках IV Всероссийского фестиваля науки в г. Москве в МГУ имени М. В. Ломоносова.

Ключевые слова: фестиваль науки; привлечение молодёжи в сферу науки; научно-техническое творчество молодёжи.

19 ноября 2014 года состоялось торжественное закрытие IV Фестиваля науки в Республике Марий Эл, проходившего в рамках IV Всероссийского фестиваля науки. Церемония закрытия проходила на базе Межрегионального открытого социального института, в актовом зале которого собралось более 500 представителей научной общественности, обучающихся учреждений высшего, среднего и начального профессионального образования, директора школ, представители Правительства, министерств и ведомств Республики Марий Эл [1–3].

С приветственным словом к собравшимся выступил консультант секретариата Заместителя Председателя Правительства Республики Марий Эл А. В. Ванюшин, который поздравил собравшихся и пожелал новых научных рубежей и свершений, новых открытий и инноваций, работающих на благо Республики Марий Эл и её жителей. С докладом и презентацией об итогах IV Фестиваля науки выступила министр образования и науки Республики

Марий Эл Г. Н. Швецова. Она отметила значимость вузовской науки для развития экономики как Республики Марий Эл, так и России в целом. В заключение Г. Н. Швецова наградила благодарственными письмами Министерства образования и науки наиболее отличившихся в 2014 году учёных республики, в их числе оказались и представители ПГТУ:

Онучин Е.М., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой энергообеспечения предприятий «За развитие научной школы и высокий уровень подготовки кадров высшей квалификации»;

Поздеев В.М., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительных конструкций и водоснабжения «За развитие сотрудничества с предприятиями реального сектора экономики».

Также на церемонии закрытия Фестиваля были подведены итоги республиканского конкурса молодёжных инновационных проектов, проводимого Министерством промышленности, транспорта и дорожного хозяйства Республики Марий Эл.

На сцене МОСИ министром В. П. Пашиным было вручено пять наград по различным номинациям, в числе которых представители ПГТУ:

– в номинации: «Информационные технологии» победил проект «Разработка системы автоматического слежения за пожарной обстановкой в лесу на больших территориях с использованием систем анализа изображений и распознавания образов», разработчик проекта – Ипатов Ю. А., кандидат технических наук, доцент кафедры информатики;

– в номинации: «Машиностроение и приборостроение, энергоэффективность и энергосбережение» победил проект «Термоактивная опалубка с автоматическим программным управлением процесса тепловой обработки бетона», разработчик проекта – Анисимов С. Н., старший преподаватель кафедры строительных технологий и автомобильных дорог.

С приветственным словом к участникам церемонии закрытия Фестиваля выступили ректоры вузов, в заключение своего выступления каждый ректор наградил наиболее значимых партнёров вуза, с которыми вуз наиболее плодотворно сотрудничал в течение года. От ПГТУ с приветственным словом выступил Дмитрий Владимирович Иванов, проректор по научной работе и инновационной деятельности. В своём выступлении он подчеркнул всю важность и значимость самой идеи фести-

валя – вовлечение молодёжи в сферу науки. Мероприятия, проводимые в рамках Фестиваля науки в течение года на базе ПГТУ, пользуются популярностью и собирают ежегодно более 30 тысяч обучающихся общеобразовательных школ, учреждений начального и среднего профессионального образования. ПГТУ является вузом-форумом, площадкой для обсуждения идей, генерации новых знаний и коммерциализации их на предприятиях как Республики Марий Эл, так и далеко за её пределами. Всё это позволяет вузу быть всегда в лидерах и тем самым вовлекать в свою деятельность современную молодёжь, ищущую всегда всё новое, интересное, непознанное. В заключение своего выступления Д. В. Иванов наградил благодарственными письмами от университета предприятия, наиболее активно взаимодействующие с вузом в области научной и инновационной деятельности:

1. ООО «Автор», директор Шемчук Д. Ю.
2. ООО «Мехатронные системы», директор Кудрявцев И. А.
3. ООО «Наномет», директор Довыденков В. А.

В рамках Фестиваля науки в течение года работало шесть творческих площадок на территории вузов города Йошкар-Олы и три районных площадки, среди которых две площадки действуют на территории ПГТУ (табл. 1).



Таблица 1

**Перечень творческих и районных площадок IV Фестиваля науки
в Республике Марий Эл**

Название площадки	Организация, учреждение	Руководитель, модератор
Инфотелекоммуникационные технологии	ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»	РЯБОВА Наталья Владимировна, доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и связи
Рациональное природопользование	ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»	ВОЙТКО Петр Филиппович, доктор техн. наук, профессор, декан лесопромышленного факультета
Медицина	ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет»	ДРОБОТ Галина Павловна, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии
Распределённые высокопроизводительные вычисления	ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет»	ЛЕУХИН Анатолий Николаевич, доктор физ.-мат. наук, проректор по научной и инновационной деятельности
Психологическое сопровождение образования	АНО ВПО «Межрегиональный открытый социальный институт»	ИГУМНОВА Галина Витальевна, канд. пед. наук, доцент, профессор кафедры психологии и педагогики
Актуальные проблемы юриспруденции	АНО ВПО «Межрегиональный открытый социальный институт»	ЗАКИРОВА Татьяна Ивановна, канд. пед. наук, доцент, декан факультета права и психологии
Малый фестиваль науки в муниципальном образовании «Оршанский муниципальный район»	Администрация муниципального образования «Оршанский муниципальный район»	МОТОВИЛОВА Светлана Николаевна, руководитель отдела образования и по делам молодёжи
Малый фестиваль науки в муниципальном образовании «Сернурский муниципальный район»	Администрация муниципального образования «Сернурский муниципальный район»	ТАНЕРОВА Алевтина Николаевна, руководитель отдела образования и по делам молодёжи
Малый фестиваль науки в муниципальном образовании «Звениговский муниципальный район»	Администрация муниципального образования «Звениговский муниципальный район»	ЛАБУТИНА Наталья Викторовна, руководитель отдела образования

В течение 2014 года на базе творческих площадок, расположенных на территории ПГТУ, было проведено 50 международных, всероссийских и региональных конференций, конкурсов и олимпиад, в

которых приняло участие более семи тысяч человек:

- II Поволжский научно-образовательный форум школьников «Мой первый шаг в науку» (более 860 участников).

- Разработки университета получили медали на международных и всероссийских выставках и форумах: XVII Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед» (1 золотая, 3 бронзовые медали), Международный фестиваль инноваций, знаний и изобретательства «Тесла Фест – 2014» (4 золотых, 2 серебряные медали), 39 Хорватский салон инноваций «INNOVA-2014» (1 золотая, 1 серебряная медаль, Гран-при за лучший молодёжный проект), XII Ярмарка «Российским инновациям – российский капитал» (1 бронзовая медаль).

- Участие в молодёжных инновационных форумах: Форум молодёжных проектов «Селигер – 2014», Молодёжный форум Приволжского федерального округа «iВолга–2014».

- Участие во Всероссийской выставке научно-технического творчества молодёжи.



- Участие в Центральной выставке IV Всероссийского фестиваля науки в г. Москве в Экспоцентре на Красной Пресне.

Студенты, аспиранты и молодые учёные ПГТУ познакомились с деятельностью таких крупных предприятий-партнёров университета, как ОАО «Марийский машиностроительный завод» концерна «Алмаз-Антей», ООО «Геникс», ООО «Прогресс», «National Instruments», Rohde-Schwarz и ряда других. Молодые учёные ПГТУ и представители ведущих научных школ проводили экскурсии по кафедрам и лабораториям университета, читали в школах г. Йошкар-Олы и Республики Марий Эл научно-популярные лекции, проводили мастер-классы (табл.2).

Традиционно главные мероприятия IV Всероссийского фестиваля науки проходили на базе МГУ имени М. В. Ломоносова на Воробьёвых горах. На церемонии закрытия в Фундаментальной библиотеке МГУ присутствовали представители Министерства образования и науки России, Правительства г. Москвы, ректор МГУ В. А. Садовничий и члены ректората. В фойе библиотеки были представлены новейшие разработки вузов со всей России в области робототехники, микроэлектроники, инфотелекоммуникационных технологий, спутниковых и космических систем, медицины и многое другое.



Таблица 2

**Перечень мастер-классов, проводимых на базе ПГТУ
на открытии IV Фестиваля науки**

Наименование, краткое описание	Подразделение	Ответственный
Трёхмерный дизайн и визуализация изделий. Проектирование в Autodesk Inventor Professional 2013 (Russian), который можно получить бесплатно	Механико-машиностроительный факультет (ММФ)	Шобанов Лев Николаевич, канд.техн.наук, доцент кафедры машиностроения и материаловедения
Автомобильный тренажёр. Предназначен для имитации управления автомобилем, максимально приближенной к реальным ситуациям. Тренажёр позволяет регистрировать ошибки «водителя», регулировать режимы езды. Тренажёр используется для подготовки водителей в автошколе ИДПО	Институт дополнительного профессионального образования (ИДПО)	Самойленко Валерий Григорьевич, директор ИДПО
Компьютерная программа «Виртуальный университет». Позволяет в трёхмерном пространстве имитировать на экране компьютера деловые контакты преподавателей и студентов, удалённых друг от друга в реальном времени	Институт дополнительного профессионального образования (ИДПО)	Самойленко Валерий Григорьевич, Директор ИДПО
«Аппаратно-программный комплекс диагностики профессионально важных качеств оператора человеко-машинных систем». Технология создания системы поддержки принятия решений и интеллектуальной обработки данных на примере оценки профпригодности человека-оператора	Радиотехнический факультет (РТФ)	Курасов Павел Александрович, уч. мастер кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств
«ПГТУ-мобиль, мобильная система виртуального присутствия». Возможности виртуальной и привнесённой реальности для реализации эффекта присутствия на удалённом объекте	Радиотехнический факультет (РТФ)	Христофоров Алексей Александрович, магистрант кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств

Центральная выставка Фестиваля проходила в Экспоцентре на Красной Пресне. Вузы со всей России представили свои новейшие научные разработки, новые проекты и изобретения. ПГТУ также представил свою экспозицию, которая состояла из разработок ведущих научных

школ университета по направлениям: рациональное природопользование, энергосбережение, нанотехнологии и инфотелекоммуникационные системы, спутниковые технологии, электроника и связь.

В 2015 году состоится V, юбилейный, Фестиваль науки в Республике Марий Эл.

ПГТУ стал родоначальником хорошей традиции, открывателем фестивального движения в республике, и этот почётный статус сохраняет на протяжении четырёх лет, демонстрируя самые новейшие научные разработки, сохраняя лидирующие позиции в науке и образовании в Поволжье и в России в целом по приоритетным направлениям развития, закреплённым в Программе стратегического развития и комплексной программе развития университета: рациональное природопользование и инфотелекоммуникационные техно-

логии. ПГТУ ещё раз подтвердил статус ведущего вуза-форума в работе с молодёжью и вовлечении обучающихся в сферу науки и творческой реализации потенциала молодых учёных, аспирантов и магистрантов, продемонстрировал целеустремлённость и волю к достижению поставленных целей.

Приглашаем всех сотрудников университета, аспирантов, магистрантов и всех обучающихся принять участие в мероприятиях V Фестиваля науки, который состоится в 2015 году.

Список литературы

1. Нехорошков, П.А. Фестиваль науки впервые в Республике Марий Эл / П. А. Нехорошков // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфотелекоммуникационные системы. – 2010. – № 3 (10). – С. 91-95.

2. Иванов, В.А. II Фестиваль науки в Республике Марий Эл, итоги года / В. А. Иванов, Ю. С. Андрианов, П. А. Нехорошков // Вестник Поволжского государственного технологического

университета. Сер.: Радиотехнические и инфотелекоммуникационные системы. – 2012. – № 2 (16). – С. 94-96.

3. Иванов, Д.В. III Фестиваль науки в Республике Марий Эл, итоги года / Д. В. Иванов, Ю. С. Андрианов, П. А. Нехорошков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфотелекоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 94-98.

Статья поступила в редакцию 28.11.14.

Информация об авторах

ИВАНОВ Дмитрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, широкополосные сигналы, распространение радиоволн. Автор 170 публикаций.
E-mail: IvanovDV@volgatech.net

АНДРИАНОВ Юрий Семенович – кандидат технических наук, доцент, начальник управления научной и инновационной деятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – транспортные системы в промышленных кластерах. Автор 160 публикаций.
E-mail: AndrianovYS@volgatech.net

НЕХОРОШКОВ Пётр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела научных программ и НИРС, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – рациональное лесопользование, транспорт леса, оптимизация и моделирование транспорта леса, геоинформационные и логистические системы. Автор 38 публикаций.
E-mail: NehoroshkovPA@volgatech.net

IV FESTIVAL OF SCIENCE IN THE REPUBLIC OF MARI EL, RESULTS AND PROSPECTS

D. V. Ivanov, Yu. S. Andrianov, P. A. Nehoroshkov

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

The results of the IV Festival of Science in the Republic of Mari El and the participation of Volga State University of Technology in the events, conducted on the central areas of the IV All-Russian Festival of Science in Moscow State University named after M. V. Lomonosov are presented.

Key words: festival of science; youth involvement in the sphere of science; scientific and technical creative work of the youth.

REFERENCES

1. Nehoroshkov P.A. Festival' nauki v pervye v Respublike Mariy El [The First Festival of Science in the Republic of Mari El]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. № 3 (10). Pp. 91-95.
2. Ivanov V.A., Andrianov Yu.S., Nehoroshkov P.A. II Festival' nauki v Respublike Mariy El, itogi goda [The II Festival of Science in the Republic of Mari El, Results of the Year]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 3 (19). Pp. 94-98.
3. Ivanov D. V., Andrianov Yu. S., Nehoroshkov P. A. III Festival' nauki v Respublike Mariy El, itogi goda [The III Festival of Science in the Republic of Mari El, Results of the Year]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2012. № 2 (16). Pp. 94-96.

The article was received 28.11.14.

Information about the authors

IVANOV Dmitry Vladimirovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation Activity at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, wideband signals and the propagation of radio waves. The author of 170 publications.

E-mail: IvanovDV@volgatech.net

ANDRIANOV Yuri Semenovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Research and Innovation Department, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is transport systems in industrial clusters. The author of 160 publications.

E-mail: AndrianovYS@volgatech.net

NEKHOROSHKOV Petr Arkadyevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Scientific Programs and Students' Research Work, Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is efficient forest exploitation, forest transport, optimization and modeling of forest transport, geo information and logistic systems. The author of 38 publications.

E-mail: NehoroshkovPA@volgatech.net

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник Поволжского государственного технологического университета» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания, объемом не более 15 страниц, включая рисунки.

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты завершённых исследований автора, ранее не публиковавшихся.

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 (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 принимается только в черном-белом изображении, должен быть четким и не требовать перерисовки. Графики должны выделяться линиями разного стиля (**не делать их цветными**) или отмечаться цифрами. Фотографии и скриншоты должны выполняться в растровых форматах (tiff, bmp, png и др.) достаточного расширения (300 dpi) и четкости.

Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст после абзацев, содержащих ссылку на них.

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

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

1) на русском;

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

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

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

К статье прилагаются следующие документы:

- авторское заявление с указанием рубрики журнала;
- экспертное заключение о возможности опубликования;

Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

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

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

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

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

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