



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

ВЕСТНИК 2(21) 2014

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

апрель – июнь

Научно-технический журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»

Журнал включён в систему **РИНЦ** и в **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:

424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

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 27.06.14.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 10,9

Тираж 500 экз. Заказ №

Дата выхода в свет 03.07.14.

Цена свободная

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

Отпечатано с готового оригинал-макета

в ООО «Стринг»

424002, Йошкар-Ола,

ул. Кремлевская, 31

Главный редактор

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

Редакционный совет:

Д. В. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор

(председатель)

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

(зам. председателя)

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

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

Редакционная коллегия:

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор

(зам. главного редактора)

И. Я. Орлов, д-р техн. наук, профессор (Нижний Новгород)

(зам. главного редактора)

Alexander A. Balandin, D. Sci., Professor

(Riverside, California, USA)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Yury V. Shestopalov, D. Sci., Professor

(Karlstad University, Sweden)

А. В. Зуев, канд. техн. наук, доцент

(отв. секретарь серии)

VESTNIK 2(21) 2014

OF VOLGA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

april – june

Scientific and technical journal

Issued since November, 2007

Published four times a year

SERIES «Radio Engineering and Infocommunication Systems»

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database 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:

424006, Yoshkar-Ola, Panfilov street, 17

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 27.06.14.

Format 60×84 1/8. No. of press sheets. 10,9

Circulation 500 copies. Order №

Publication Date 03.07.14.

Free price

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

Printed from the original layout
in LLC «String»

424002, Yoshkar-Ola,
Kremlevskaya street, 31

Editor-in-chief

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

Editorial Council:

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

В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, Лыонг Вьет Лок, М. И. Рябова. Исследование влияния перемещающихся ионосферных возмущений на характеристики линий декаметрового диапазона

Ш. М. Чабдаров, Э. М. Каримуллин. Синтез алгоритма различения сигналов при случайных комплексах негауссовых помех

В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, Г. А. Шомина. Исследование вариаций поляризационной полосы когерентности при квазизенитном распространении широкополосных радиосигналов

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКА

В. С. Титов, А. А. Рожнецов, Р. Г. Хафизов. Современные подходы к представлению и обработке изображений трёхмерных объектов

В. В. Севастьянов, К. О. Иванов. Комбинированный подход к анализу изображений аналоговых электроэнцефалограмм с целью получения цифровых дискретных отсчётов

А. Р. Ротт. Исследование переходных процессов в технических системах, описываемых моделями массового обслуживания

ЭЛЕКТРОНИКА

Е. В. Ермолаев, Н. М. Скулкин. Стабилизация термомеханической прочности металлокерамических плат и корпусов микросхем в процессе циклической высокотемпературной обработки

Т. А. Лежнина, В. В. Рожнецов. Точность измерения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.
ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

С. Г. Кудрявцев. IX Международная молодёжная научная конференция «Научному прогрессу – творчество молодых»

Информация для авторов

CONTENTS

TELECOMMUNICATION
AND RADIO ENGINEERING

V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, Lyong V'et Lok, M. I. Ryabova. Study of the influence of moving ionospheric disturbances on decameter communication line characteristics

6

Sh. M. Chabdarov, E. M. Karimullin. Synthesis of the signal recognition algorithm at random complexes of non-gaussian noises

22

V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, G. A. Shomina Investigation of polarization coherence bandwidth variations during quasi-zenithal propagation of broadband radio signals

33

COMPUTER ENGINEERING
AND INFORMATION TECHNOLOGY

V. S. Titov, A. A. Rozhentsov, R. G. Hafizov. Modern approaches to representation and processing of three-dimensional object images

44

V. V. Sevastyanov, K. O. Ivanov. A combined approach to analog electroencephalogram image analysis for getting digital discrete samples

55

A. R. Rott. Investigation of transient processes in technical systems, described by queueing models

67

ELECTRONICS

E. V. Ermolaev, N. M. Skulkin. Stabilization of thermomechanical durability of metal-ceramic boards and microcircuit packages in the process of cyclic high-temperature processing

75

T. A. Lezhnina, V. V. Rozhentsov. Accuracy of eyesight resolution measurement by flicker frequency

84

THE NOVELTIES IN THE FIELD OF ENGI-
NEERING AND TECHNOLOGIES. REVIEWS.
CONFERENCES. IMPORTANT DATES

S. G. Kudryavtsev. IX international youth scientific conference «Creativity of the young for the scientific progress».

90

Information for the authors

93



Уважаемые коллеги !

В нашем журнале публикуются научно-технические результаты оригинальных работ по следующим приоритетным направлениям развития науки РФ: информационно-коммуникационные технологии, нанотехнологии и космос.

Этот выпуск журнала открывается статьёй международного коллектива авторов Лыонг Вьет Лок (Вьетнам) и коллектива Поволжского государственного технологического университета (ПГТУ) под руководством проф. В.А. Иванова (Россия), в которой предложен оригинальный подход к решению задачи диагностики ионосферных радиоканалов с целью получения информации о влиянии явлений, происходящих в ионосфере Земли (ближний космос), на дальние радиолинии связи. В разделе «Телекоммуникации и радиотехника» представлена также работа учёных Казанского национального исследовательского университета им. А.Н. Туполева (КАИ), выполненная под руководством проф. Ш.М. Чабдарова. В статье исследуется задача синтеза оптимальных алгоритмов приёма сигналов при обобщённо-типовых суперпозициях различных количеств дискретных помех и шумов с произвольными флуктуациями при единственном ограничении – их физической реализуемости. Статья авторов из ПГТУ посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию влияния поляризационной интерференции на частотные и импульсные характеристики радиоканалов дальней декаметровый связи.

В разделе «Вычислительная техника и информатика» представлен обзор современных подходов к обработке изображений трёхмерных объектов коллектива авторов из Юго-Западного государственного университета (проф. В.С. Титов) и ПГТУ (проф. А.А. Роженцов и проф. Р.Г. Хафизов). В совместной статье гл. врача Центра патологии речи и нейрореабилитации нейросенсорных и двигательных нарушений проф. В.В. Севастьянова и аспиранта ПГТУ К.О. Иванова рассмотрены новые методики и программные средства анализа электрокардиограмм по их растровым изображениям с использованием методов и алгоритмов морфологической обработки. В статье доц. ПГТУ А.Р. Ротта для ряда информационных систем приведены результаты исследования характеристик переходных процессов.

В разделе «Электроника» опубликована статья о стабилизации термомеханической прочности металлокерамических плат и корпусов микросхем в процессе их циклической высокотемпературной обработки, подготовленная сотрудниками двух вузов: ПГТУ (проф. Н.М. Скулкин) и Марийского государственного университета (аспирант Е.В. Ермаков), а также статья авторов из ПГТУ (проф. В.В. Роженцов и доц. Т.А. Лежнина) о технологии повышения точности измерения разрешающей способности зрения человека по частоте световых мельканий, применяемой в автоматизированных системах контроля за состоянием человеческого организма.

В четвёртом разделе представлена информация об итогах работы IX Международной молодёжной научной конференции «Научному прогрессу – творчество молодых». В ней изложен (доц. Кудрявцев С.Г.) интересный опыт проведения Поволжским государственным технологическим университетом ежегодного мероприятия для молодых исследователей и инноваторов.

Надеемся, что статьи, публикуемые в этом номере, Вас заинтересовали и Вы, уважаемый учёный, начнёте сотрудничество с нашим журналом.

Профессор Наталья Рябова

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.391.83

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНИЙ ДЕКАМЕТРОВОЙ СВЯЗИ

В. А. Иванов¹, Д. В. Иванов¹, Н. В. Рябова¹, Лыонг Вьет Лок², М. И. Рябова¹

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

²Huu Nghi Multimedia JSC-VTC Multimedia Corporation,
E-mail: Loc.Luong@vtc.vn

Представлены результаты моделирования остаточной компоненты суточного хода максимально наблюдаемых частот (СХ МНЧ) для дальних декаметровых радиолоний. Исследована связь между характеристиками остаточной компоненты и параметрами перемещающихся ионосферных возмущений. Представлены экспериментальные данные о «восходно-западном эффекте» в остаточной компоненте, обнаруженном в частотной области. Дана интерпретация эффекта на основе модельных ионограмм наклонного зондирования ионосферы (НЗИ), полученных с учётом влияния перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ).

Ключевые слова: декаметровые радиоволны; максимально применимая частота; зондирование; остаточная компонента; перемещающиеся ионосферные возмущения.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ проекты: № 13-07-00371-а, 13-02-00524-а, 13-07-97041; госзадания № 2014/82 Минобрнауки РФ, проекты № 2276, № 2247.

Список литературы

1. Дробжев, В.И. Волновые возмущения в ионосфере / В.И. Дробжев, Г.М. Куделин, В.И. Нургожин и др. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 178 с.
2. Афраймович, Э.Л. Интерференционные методы радиозондирования ионосферы. – М.: Наука, 1982. – 196 с.
3. Филипп, Н.Д. Современные методы исследования динамических процессов в ионосфере / Н.Д. Филипп, Н.Ш. Блаунштейн, Л.М. Ерухимов и др. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 287 с.
4. 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.
5. 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.
6. Иванов, В.А. Особенности характеристик высокочастотных ионосферных радиолоний квазизенитного распространения / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова, Е.В. Тимофеев // Электросвязь. – 2013. – № 5. – С. 45-48.
7. 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.
8. 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 // Waves in Random Media. – 1997. – Vol. 7, № 4. – Pp. 531-544.

9. *Иванов, Д.В.* Оптимальные полосы частот сложных сигналов для декаметровых радиолний / Д.В. Иванов // Радиотехника и электроника. – 2006. – Т. 51, № 4. – С. 389-396.
10. *Иванов, Д.В.* SDR-ионозонд с непрерывным ЛЧМ-сигналом на платформе USRP / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Елсуков, М.И. Рябова, А.А. Чернов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (19). – С. 80-93.
11. *Иванов, В.А.* Восходный и заходный эффекты в остаточной компоненте суточного хода максимально наблюдаемых частот / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, Лыонг Вьет Лок, А.М. Насыров // 21-я Всеросс. научн. конф. «Распространение радиоволн». – Йошкар-Ола, 2005. – Т.1. – С. 123-126.
12. *Иванов, В.А.* Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионозонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.Р. Лашевский, Р.Р. Бельгибаев, А.А. Елсуков, А.В. Мальцев, В.В. Павлов, М.И. Рябова, А.А. Чернов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2. – С. 15-23.
13. *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. – С. 93-101.
14. *Иванов, Д.В.* Искажения в ионосфере декаметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой / Д.В. Иванов // Радиотехника и электроника. – 2006. – Т. 51, № 7. – С. 807-815.
15. *Иванов, В.А.* Исследование регулярной и стохастической дисперсии в ионосферных широкополосных высокочастотных радиоканалах / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.Н. Михеева, М.И. Рябова // Нелинейный мир. – 2012. – Т. 10, № 10. – С. 678-686.
16. *Крюковский, А.С.* Моделирование лучевой и каустической структуры электромагнитных полей по данным радиотомографии ионосферы в окрестности экваториальной аномалии / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Д.В. Растягаев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2010. – Т. 15, № 8. – С. 5-11.
17. *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. – С. 24-30.
18. *Крюковский, А.С.* Классификация и равномерное асимптотическое описание пространственно-временных трехмерных краевых фокусировок волновых полей / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Д.В. Растягаев // Радиотехника и электроника. – 2005. – Т. 50, № 10. – С. 1221-1230.
19. *Крюковский, А.С.* Теория расчета эталонных фокальных и дифракционных электромагнитных полей на основе специальных функций волновых катастроф / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48, № 8. – С. 912-921.
20. *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.
21. *Иванов, В.А.* Диагностика функции рассеяния декаметровых узкополосных стохастических радиоканалов / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // Радиотехника и электроника. – 2010. – Т. 55, № 3. – С. 285-291.
22. *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.
23. *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. – С. 114-126.
24. *Иванов, В.А.* Развитие теории синхронизации РТС декаметровой связи и панорамного зондирования ионосферы / В.А. Иванов, А.А. Чернов // Телекоммуникации. – 2012. – № 2. – С. 16-22.
25. *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. – Т.15, № 1. – С. 3-34.

Статья поступила в редакцию 09.04.14.

Ссылка на статью: Иванов В. А., Иванов Д. В., Рябова Н. В., Лыонг Вьет Лок, Рябова М. И. Исследование влияния перемещающихся ионосферных возмущений на характеристики линий декаметровой

связи // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 6-21.

Информация об авторах

ИВАНОВ Владимир Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, широкополосные сигналы. Автор более 250 публикаций. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

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 более 100 публикаций. E-mail: IvanovDV@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 более 130 публикаций. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

ЛЫОНГ Вьет Лок – кандидат физико-математических наук, доцент, директор, Huu Nghi Multimedia JSC-VTC Multimedia Corporation (Вьетнам). Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, адаптивные системы. Автор более 20 публикаций. E-mail: Loc.Luong@vtc.vn

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 50 публикаций. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

STUDY OF THE INFLUENCE OF MOVING IONOSPHERIC DISTURBANCES ON DECAMETER COMMUNICATION LINE CHARACTERISTICS

V. A. Ivanov¹, D. V. Ivanov¹, N. V. Ryabova¹, Lyong V'et Lok², M. I. Ryabova¹

¹Volga State University of Technology,

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

E-mail: IvanovVA@volgatech.net

²Huu Nghi Multimedia JSC-VTC Multimedia Corporation,

E-mail: Loc.Luong@vtc.vn

Key words: *decameter radio waves; maximum usable frequency; sounding; residual component; moving ionospheric disturbances.*

ABSTRACT

Introduction. *The investigations of the Earth's ionosphere, carried out with the help of surface methods, rockets and artificial satellites for decades, clearly demonstrate that its characteristic feature is variability and inhomogeneity up to the height of 1000 km. This feature of the ionosphere leads to the changes in daily variations of maximum observed frequency (MOF) of decameter communication lines. The variability and inhomogeneity of the ionosphere is due to different processes. One of them is connected with internal gravitational waves, passing in the ionosphere and causing the effect of moving ionospheric disturbances (MID). The latter lead to the variations of MOF-radio lines. The lack of the effective means of oblique ionospheric sounding has hindered the study of these effects for a long time. The situation has changed greatly when oblique LFM-ionosondes appeared. However, there is a problem of the interpretation of oblique sounding experimental data, connected with the need for solving the inverse problems of oblique ionospheric sounding. The purpose of the work is to develop the method for the modeling of oblique ionospheric sounding ionograms and daily variations of MOF taking into consideration MID, to study the connection between the characteristics of the residual component of the MOF mean character-*

istic and MID parameters, to interpret the data of full-scale experiments on oblique ionospheric sounding using the results of model experiments. **Research objectives:**

- to create the method of the synthesis of oblique ionospheric sounding ionograms taking into account moving ionospheric disturbances (MID);
- to analyze the connection between model and full-scale ionograms for the estimation of modeling method efficiency;
- to make the connection between the characteristics of the residual component of the MOF mean characteristic and MID parameters. **Results.** Within the framework, the method for the modeling of oblique ionospheric sounding ionograms and daily variations of MOF taking into consideration moving ionospheric disturbance influence was created; investigations for the period of the 11-year solar cycle from 1994 to 2005 were carried out. As a result of the modeling it was demonstrated that σ MOF increases at sunrise and sunset («sunrise-sunset» effect) and at midday local time (LT). The standard deviation of the residual component of the MOF mean characteristic is larger in the periods when the solar activity level and ionospheric disturbance appearance probability are increased. Experimental functional dependence between the characteristics of the residual component of the MOF mean characteristic and basic MID parameters is received. It was determined that the standard deviation of the residual component of the MOF mean characteristic increases with the growth of the MID amplitude. Besides, the connection between the MID amplitude and σ of the residual component of the MOF mean characteristic is expressed stronger during high solar activity. The concentration of electrons and their number in the ionosphere (D, E, F layers) depends on the speed of dissociated and recombination reactions. The speed of these reactions is proportional to the temperature of the heating of the Earth's ionosphere by the Sun and it changes quickly at sunrise and sunset periods. The results of full-scale investigations and the computational experiment demonstrate that there are connections between the characteristic of the residual component of the MOF mean characteristic and MID parameters and confirm the advanced hypothesis. Thus, the existence of sunrise-sunset effects is logical.

The work is carried out with the grant support of Russian Foundation for Basic Research projects № 13-07-00371-a, 13-02-00524-a, 13-07-97041; state order № 2014/82 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, projects № 2276, № 2247.

REFERENCES

1. Drobzhev V.I., Kudelin G.M., Nurgozhin V.I. et al. *Volnovye vozmushcheniya v ionosfere* [Wave Disturbance in the Ionosphere]. Alma-Ata: Nauka, 1975. 178 p.
2. Afraimovich E.L. *Interferentsionnye metody radiozondirovaniya ionosfery* [Interferometric Methods of the Ionosphere Radio Sounding]. M.: Nauka, 1982. 196 p.
3. Filipp N.D., Blaunshtein N.Sh., Eruhimov L.M. et al. *Sovremennye metody issledovaniya dinamicheskikh protsessov v ionosfere* [Contemporary Methods of the Investigation of Dynamic Processes in the Ionosphere]. Kishinev: Shtiintsa, 1991. 287 p.
4. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Chernov A. A. *Mnogomernyi vysokochastotnyi 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, No 8. P.40-48.
5. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I. *Issledovanie faktorov, privodyashchikh k iskazheniyu vysokochastotnykh signalov s rasshirennym spektrom pri ikh kvazizenitnom rasprostranenii v ionosfere* [The Research on the Factors Leading to the Distortion of High-frequency Spread-spectrum Signals during their Quasi-zenithal Propagation in the Ionosphere]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2011. Vol. 16, No 8. P.33-39.
6. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova M. I., Timofeev E.V. *Osobennosti kharakteristik vysokochastotnykh ionosfernykh radioliny kvazizenitnogo rasprostraneniya* [Singularities of the Characteristics of High-Frequency Ionospheric Radio Lines of Quasi-Zenithal Propagation]. *Elektrosvyaz'* [Electrical Communication]. 2013. № 5. Pp. 45-48.
7. Kryukovsky A.S., Lukin D.S., Rastyagaev D.V. *Issledovanie vliyaniya lokal'nykh neodnorodnostey ionosfernoy plazmy na rasprostranenie 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.
8. Eruhimov L.M. *Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere*. L.M. Eruhimov, V.P. Uryadov, Yu. N. Cherkashin, V.A. Eremenko, V.A. Ivanov, N.V. Ryabova. *Waves in Random Media*. 1997. T. 7, № 4. Pp. 531-544.
9. Ivanov D.V. *Optimalnye polosy chastot slozhnykh signalov dlya dekametrovykh radioliny* [Optimal Complex Signal Frequency Bandwidths for Decameter Radio Lines]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2006. Vol. 51, № 4. Pp. 389-396.
10. Ivanov D. V., Ivanov V. A., Ryabova N. V., Elsukov A. A., Ryabova M. I., Chernov A. A. *SDR-ionozond s nepreryvnym LChM-signalom na platforme [USRP SDR-ionosonde with continuous LFM-signal on the platform USRP]*. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. No 3 (19). – Pp. 80-93.
11. Иванов, В.А. *Восходный и заходный эффекты в остаточной компоненте суточного хода максимально наблюдаемых частот* / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, Лыонг Вьет Лок, А.М. Насыров // 21-я Всеросс. научн. конф. «Распространение радиоволн». – Йошкар-Ола, 2005. – Т.1. – С. 123-126.
12. Ivanov V.A. Ivanov D.V., Ryabova N.V. et al. *Opreделение osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramnoy ionozonda* [Determination of Basic Parameters of 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. Pp. 15-23.
13. Ivanov V.A., Katkov E.V., Ryabova M.I., Chernov A.A. *Kanalnye parametry rasseyaniya dlya sredneshirotnoy ionosfery* [Channel Dispersion Parameters for the Middle-latitude Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3. Pp. 93-101.
14. Ivanov D. V. *Iskazheniya v ionosfere 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.
15. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Mikheeva N. N., Ryabova M. I. *Issledovanie regul'yarnoy i stokhasticheskoy dispersii v ionosfernykh shirokopolosnykh vysokochastotnykh radiokanalakh* [Research on Regular and Stochastic Dispersion in Ionospheric Broad-band High-frequency Radio Channels]. *Nelineynyy mir* [Nonlinear world]. 2012. Vol. 10, No 10. Pp. 678-686.
16. Kryukovsky A. S., Lukin D. S., Rastyagaev D. V. *Modelirovanie luchevoy i kausticheskoy*

struktury elektromagnitnykh poley po dannym radiotomografii ionosfery v okrestnosti ekvatorial'noy anomalii [Modeling of Beam and Caustic Structures of Electromagnetic Fields Using the Data of the Ionosphere Radio Tomography in the Equatorial Anomaly Region]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2010. Vol. 15, № 8. Pp. 5-11.

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

18. Kryukovsky A.S., Lukin D.S., Rastyagaev D.V. Klassifikatsiya i ravnomernoe asimptoticheskoe opisanie prostranstvenno-vremennykh trekhmernykh kraevykh fokusirovok volnovykh poley [Classification and Uniform Asymptotic Description of Spatio-Temporal Three-Dimensional Edge Focusing of Wave Fields]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2005. Vol. 50, № 10. Pp. 1221-1230.

19. Kryukovsky A. S., Lukin D. S. Teoriya rascheta etalonnykh fokal'nykh i difraktsionnykh elektromagnitnykh poley na osnove spetsial'nykh funktsiy volnovykh katastrof [Theory of Calculation of Reference Focal and Diffraction Electromagnetic Fields on the Basis of Special Functions of Wave Catastrophes]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and electronics]. 2003. Vol. 48, № 8. Pp. 912-921.

20. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Tsarev I. E. Chislennyye i polunaturnyye issledovaniya funktsii rasseyaniya uzkopolosnykh dekametrovykh radiosignalov [Numerical and Seminatural Investigations of Narrowband Decameter Radio Signal Scattering Function]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2009. Vol. 14. № 8. Pp. 46-54.

21. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Tsarev I. E.

Diagnostika funktsii rasseyaniya dekametrovykh uzkopolosnykh stokhasticheskikh radiokanalov [Diagnostics of Scattering Function of Decameter Narrowband Stochastic Radio Channels]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2009. Vol. 55, No 3. Pp. 285-292.

22. Ivanov V. A., Ivanov D. V., 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 Occurring in Ionospheric Radio Channels with a Band 1 MHz]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2008. Vol. 13. No 8. P. 58-66.

23. Ivanov V.A., Katkov E.V., Chernov A.A. Ustroystvo i algoritmy sinkhronizatsii radiotekhnicheskikh sistem svyazi i zondirovaniya ionosfernykh vysokochastotnykh radiokanalov [Structure 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. Pp. 114-126.

24. 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. No 2. Pp. 16-22.

25. Ivanov D. V., Ivanov V. A., Chernov A. A. Teoreticheskie osnovy metoda pryamogo tsifrovogo sinteza radiosignalov dlya tsifrovyykh sistem 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. No 1 (15). – Pp. 3-34.

The article was received 09.04.14.

Citation for an article: Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Ryabova M. I. Study of the influence of moving ionospheric disturbances on decameter communication line characteristics. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 2 (21). Pp. 6-21.

Information about the authors

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, the propagation of radio waves, modeling and broadband signals. The author of more than 250 publications. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

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 more than 100 publications. E-mail: IvanovDV@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 more than 130 publications. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

LYONG Vyet Lok – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, director, Huu Nghi Multimedia JSC-VTC Multimedia Corporation. The sphere of research interests is the ionosphere, radio wave propagation, modeling and adaptive systems. The author of more than 20 publications. E-mail: Loc.Luong@vtc.vn

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 more than 50 publications. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

УДК 621.396.681.324

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА РАЗЛИЧЕНИЯ СИГНАЛОВ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ КОМПЛЕКСАХ НЕГАУССОВЫХ ПОМЕХ

Ш. М. Чабдаров, Э. М. Каримуллин

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

Обоснована и изложена оригинальная методика использования вероятностных смесей гауссовских случайных явлений в задачах синтеза оптимальных алгоритмов приёма сигналов при обобщённо-типовых суперпозициях различных количеств дискретных помех и шумов с произвольными флуктуациями при единственном ограничении – их физической реализуемости. Синтезирован оптимальный алгоритм со структурой многостовльно-многоканального типового радиотехнического звена с экспоненциальными детекторами и блоком принятия решения.

Ключевые слова: комплекс разнородных помех; произвольные флуктуации; физическая реализуемость; оптимальное различение; вероятностные смеси; суммарно-смешанные полигауссовы явления; вероятности решений; многостовльно-многоканальный алгоритм.

Список литературы

1. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / под редакцией Я.Д. Ширмана; Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
2. Чабдаров, Ш.М. Анализ корреляционного обнаружения радиосигналов при случайных комплексах негауссовских помех / Ш.М. Чабдаров, В.Л. Сафонов, А.О. Моряшов, Э.М. Каримуллин // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2012. – № 1. – С. 3–11.
3. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга первая / Б. Р. Левин; Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Советское радио», 1974. – 552 с.
4. Чабдаров, Ш.М. Полигауссовы представления случайных явлений в радиотехнике / Ш.М. Чабдаров // Юбилейный сборник избранных трудов членов Академии наук Республики Татарстан. – Казань: Фолиант, 2002. – С. 59–100.
5. Чабдаров, Ш.М. Оптимальный прием и потенциальная помехоустойчивость по В.А. Котельникову при произвольных флуктуациях сигналов и помех / Ш.М. Чабдаров, Э.М. Каримуллин // Современная радиоэлектроника в ретроспективе идей В.А. Котельникова // Международная научная конференция: Программа и тезисы докладов. – М.: Изд-во МЭК, 2003. – С. 59.

Статья поступила в редакцию 12.05.14.

Ссылка на статью: Чабдаров Ш. М., Каримуллин Э. М. Синтез алгоритма различения сигналов при случайных комплексах негауссовых помех // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 22–32.

Информация об авторах

ЧАБДАРОВ Шамиль Мидхатович – доктор технических наук, профессор, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева. Область научных интересов – статистическая радиотехника. Автор более 300 публикаций.
E-mail: chabdarov_shamil@mail.ru

КАРИМУЛЛИН Эльмир Мансурович – аспирант, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева. Область научных интересов – потенциальная помехоустойчивость. Автор 14 публикаций. E-mail: antm.l@yandex.ru

SYNTHESIS OF THE SIGNAL RECOGNITION ALGORITHM AT RANDOM COMPLEXES OF NON-GAUSSIAN NOISES

Sh. M. Chabdarov, E. M. Karimullin

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

Key words: complex of heterogeneous noises; random fluctuations; physical realizability; optimal recognition; probability mixtures; totally mixed poly-Gaussian effects; solution probabilities; multiple and multi-channel algorithm.

ABSTRACT

Introduction. The urgent problem of modern radio systemology is the creation of post-correlation universal and uniform methods of the determination of potential and (or) accessible interference immunity at random complex structures of additive and multiplicative interference and noises with various fluctuations. **The purpose** of the work is the justification and the exposition of the original method of the use of probability mixtures of Gaussian random effects in the problems of the synthesis of optimal algorithms of signal receiving at generalized standard superpositions of different quantities of discrete interference and noises with random fluctuations with the single limitation - their physical realizability. It is shown, that:

- Random processes, observed in the receivers are probability mixtures of heterogeneous process combinations of various multiplicity with total realizations;
- Distribution of these mixtures component probabilities are determined by corresponding convolution multiplicity of nonstandard multivariate distributions with random parameters;
- Full probabilistic description of observed processes is universally represented as the universal form by totally mixed poly-Gaussian process (TMPP).

On this basis, the optimal algorithm according to Bayes' criterion with the structure of multiple and multi-channel standard radio engineering link with exponential detectors and decision-making block is synthesized. The structure of the algorithm is invariant to initial complexes and the distributions of the signals of interference and noises - their number, radiophysical and probabilistic properties only determine the quantity of channels and parameters before and after detector filters. During the synthesis the quantity of filters, processing random processes is minimized: complexity of the algorithm is translated to the random value sphere. **Conclusion.** The methodology and the results of the stated investigation and development indicate the adequacy of the tools of probability mixtures of the problems of radio reception statistical theory at the interference complex; practical necessity, sufficiency and effectiveness of poly-Gaussian models and methods; their adequacy to modern information and material technologies; the support of the specific continuity of scientific and technical results of a correlation level in radically non-Gaussian problems.

REFERENCES

1. Radioelektronnye sistemy: osnovy postroeniya i teoriya. Spravochnik [Radio Electronic Systems: The Basics of Construction and Theory. Reference Book] / Edited by Ya. D. Shirman; the second edition, revised. M.: Radiotekhnika, 2007. 512 p.
2. Chabdarov Sh. M., Safonov V. L., Moryashov A. O., Karimullin E. M. Analiz korrelyatsionnogo obnaruzheniya radiosignalov pri sluchainykh kompleksakh negaussovskikh pomekh [Analysis of Correlation Detection of Radio Signals at Random Complexes of Non-Gaussian Interference]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2012. №1. Pp. 3–11.
3. Levin B. R. Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki [Theoretical Foundations of Statistical Radio Engineering]. The first book / B. R. Levin; the second edition, revised and enlarged. M.: «Sovetskoe radio», 1974. 552 p.
4. Chabdarov Sh. M. Poligaussovy predstavleniya sluchainykh yavleniy v radiotekhnike [Poly-Gaussian Representations of Random Effects in Radio Engineering]. *Yubileinyi sbornik izbrannykh trudov chlenov Akademii nauk Respubliki Tatarstan* [Jubilee Volume of Selected Papers of the members of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan]. Kazan: Foliant, 2002. Pp. 59–100.
5. Chabdarov Sh. M., Karimullin E. M. Optimalnyi priem i potentsial'naya pomekhoustoichivost' po V. A. Kotel'nikovu pri proizvolnykh fluktuatsiyakh

signalov i pomekh [Optimal Reception and Potential Interference Immunity According to V. A. Kotelnikov at Random Signal and Noise Fluctuations]. *Sovremennaya radioelektronika v retrospektive idey V. A. Kotel'nikova* [Modern Radio Electronics in Retrospective Reviews of V. A. Kotelnikov's Ideas] // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya: Programma i tezisy dokladov [International Scientific Conference: Program and the proceedings. M.: MEK Publishing, 2003. P. 59.

rospective Reviews of V. A. Kotelnikov's Ideas] // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya: Programma i tezisy dokladov [International Scientific Conference: Program and the proceedings. M.: MEK Publishing, 2003. P. 59.

The article was received 12.05.14.

Citation for an article: Chabdarov Sh. M., Karimullin E. M. Synthesis of the signal recognition algorithm at random complexes of non-gaussian noises. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 2 (21). Pp. 22-32.

Information about the authors

CHABDAROV Shamil Midhatovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kazan National Research Technological University named after A. N. Tupolev. The sphere of research interests is statistical radio engineering. The author of more than 300 publications. E-mail: chabdarov_shamil@mail.ru

KARIMULLIN Elmir Mansurovich – a postgraduate student at Kazan National Research Technological University named after A. N. Tupolev. The sphere of research interests is potential interference immunity. The author of 14 publications. E-mail: antm.l@yandex.ru

УДК 621.396.94

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ПОЛОСЫ КОГЕРЕНТНОСТИ ПРИ КВАЗИЗЕНИТНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, Г. А. Шомина

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

Представлены результаты исследований влияния поляризационной интерференции на частотные и импульсные характеристики парциального радиоканала. На основе развитых методик синтеза ионограмм квазизенитного распространения проведены вычислительные эксперименты и получены результаты анализа вариаций точки пересечения дисперсионных характеристик магнитоионных компонент, определяющей область сильной поляризационной интерференции. Проведены исследования поляризационной полосы когерентности для различных средних частот радиоканала в зависимости от геофизических факторов.

Ключевые слова: дисперсионная характеристика; квазизенитное распространение; радиоканал; поляризационная полоса когерентности; магнитоионное расщепление.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ проекты: № 13-07-00371-а, 13-02-00524-а, 13-07-97041; госзадания № 2014/82 Минобрнауки РФ, проекты № 2276, № 2247.

Список литературы

1. Kitano, T. A basic study of the near vertical inclined skywave the last survival tool of radio communications to support telemedicine after n-disaster / T. Kitano, Y. Tomioka, A. Subekti, M.A. Sadiq // 8th International Conference «HEALTHCOM». – Kanagawa, Japan. 17-19 Aug. 2006. Pp. 165 - 169
2. Иванов, В.А. Особенности характеристик высокочастотных ионосферных радиолоний квазизенитного распространения / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова, Е.В. Тимофеев // Электросвязь. – 2013. – № 5. – С. 45-48.
3. Иванов, В.А. Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионизонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2. – С. 15-23.
4. 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. – № 4. – Pp. 531-544.
5. Иванов, Д.В. Оптимальные полосы частот сложных сигналов для декаметровых радиолоний / Д.В. Иванов // Радиотехника и электроника. – 2006. – Т. 51, № 4. – С. 389-396.
6. Иванов, В.А. Исследования особенностей дисперсионных характеристик радиоканалов с помощью ЛЧМ-ионизонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, А.А. Колчев // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2001. – Т. 44, № 3. – С. 241-254.
7. Boguta, N.M. Use of ionosondes in adaptive HF communication system / N.M. Boguta, V.A. Ivanov, Y.V. Noga et al. // Радиотехника. – 1993. – Т. 4. – С. 77-79.
8. 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.
9. Рябова, Н.В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: монография / Н.В. Рябова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 292 с.
10. Крюковский, А.С. Моделирование лучевой и каустической структуры электромагнитных полей по данным радиотомографии ионосферы в окрестности экваториальной аномалии / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Д.В. Растягаев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2010. – Т. 15, № 8. – С. 5-11.
11. Крюковский, А.С. Теория расчета эталонных фокальных и дифракционных электромагнитных полей на основе специальных функций волно-

вых катастроф / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48, № 8. – С. 912-921.

12. Крюковский, А.С. Классификация и равномерное асимптотическое описание пространственно-временных трехмерных краевых фокусировок волновых полей / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Д.В. Растягаев // Радиотехника и электроника. – 2005. – Т. 50, № 10. – С. 1221-1230.

13. Иванов, В.А. Адаптивное обнаружение и выделение широкополосного сигнала с линейной частотной модуляцией при сжатии его в частотной области / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Мальцев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 34-45.

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. – С. 93-101.

15. Ипатов, Е.Б. Численная реализация метода канонического оператора Маслова в задачах распространения коротких радиоволн в ионосфере Земли / Е.Б. Ипатов, Д.С. Лукин, Е.А. Палкин // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 1990. – Т. 33, № 5. – С. 562-573.

16. Крюковский, А.С. Равномерные асимптотики и угловые катастрофы / А.С. Крюковский,

Д.С. Лукин, Е.А. Палкин // Доклады Академии наук. – 1995. – Т. 341, № 4. – С. 456-459.

17. 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. – С. 36-45.

18. Huang, X. Multiple quasi-parabolic presentation of the IRI profile / X. Huang, B.W. Reinisch // Adv. Space Res. – 2000. – Vol. 25, № 1. – Pp. 129-132.

19. 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.

20. 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. – С. 114-126.

21. Иванов, Д.В. Искажения в ионосфере декаметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой / Д.В. Иванов // Радиотехника и электроника. – 2006. – Т. 51, № 7. – С. 807-815.

Статья поступила в редакцию 18.04.14.

Ссылка на статью: Иванов В. А., Иванов Д. В., Рябова Н. В., Рябова М. И., Шомина Г. А. Исследование вариаций поляризационной полосы когерентности при квазизенитном распространении широкополосных радиосигналов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 33-43.

Информация об авторах

ИВАНОВ Владимир Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, широкополосные сигналы. Автор более 250 публикаций. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

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 более 100 публикаций. E-mail: IvanovDV@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 более 130 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 более 50 публикаций. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

ШОМИНА Галина Александровна – магистрант радиотехнического факультета, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование, распространение радиоволн, дисперсия. Автор трёх публикаций. E-mail: shominag@bk.ru

INVESTIGATION OF POLARIZATION COHERENCE BANDWIDTH VARIATIONS DURING QUASI-ZENITHAL PROPAGATION OF BROADBAND RADIO SIGNALS

V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, G. A. Shomina

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

Key words: *dispersion characteristic; quasi-zenithal propagation; radio channel; polarization coherence bandwidth; magnetoionic splitting.*

ABSTRACT

Introduction. Recently, the problem of broadband signal propagation at their large angles of incidence on the ionosphere is of great interest. It is called quasi-zenithal propagation (QZP); QZP provides radio communication in the distance range of 40-400 km. Its practical significance is the independence of the Earth surface, low cost, quickly deployable system; such communication is used by services for emergencies, disaster medicine and the military. For these systems work effectiveness increase, complex investigations of a many-dimensional radio channel QZP, consisting of the ordered set of the quantity of partial channels, having equal bandwidths, but differing in medium frequency are required. The **significance** of the subject of these investigations is determined by the necessity of the considerable expansion of the bandwidth of signals used for HF-radio communication for practice and further development of experimental radiophysical methods and means of the ionosphere diagnostics for the fundamental science. The investigations, carried out earlier, showed that polarization interference and frequency dispersion are basic physical effects, influencing the distortions of signals with the extended spectrum and partial radio channel characteristics at QZP. The **purpose** of the work is considering the approaches and the results of the investigation of the influence of these effects on distortions. **Conclusion.** The results of investigations of the influence of polarization interference on frequency and impulse responses of a partial radio channel are presented. Based on the developed methods of the synthesis of quasi-zenithal propagation ionograms, computational experiments are conducted and the results of the analysis of the variations of the intersection point of dispersion characteristics of magnetoionic components, determining the area of strong polarization interference are received. The investigations of polarization coherence bandwidth for different medium radio channel frequencies, depending on geophysical factors are carried out.

The work is carried out with the grant support of Russian Foundation for Basic Research projects № 13-07-00371-a, 13-02-00524-a, 13-07-97041; state order № 2014/82 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, projects № 2276, № 2247.

REFERENCES

1. Kitano T., Tomioka Y., Subekti A., Sadiq M.A. A basic study of the near vertical inclined skywave the last survival tool of radio communications to support telemedicine after n-disaster. 8th International Conference «HEALTHCOM». Kanagava, Japan, 17-19 Aug. 2006. Pp. 165-169
2. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova M. I., Timofeev E.V. Osobennosti kharakteristik vysokochastotnykh ionosfernykh radioliny kvazizenitnogo rasprostraneniya [Singularities of the Characteristics of High-Frequency Ionospheric Radio Lines of Quasi-Zenithal Propagation]. *Elektrosvyaz'* [Electrical Communication]. 2013. № 5. Pp. 45-48.
3. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova N.V. et al. Opredelenie osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramno ionozonda [Determination of Basic Parameters of 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. Pp. 15-23.
4. Erukhimov L.M., Uryadov V.P., Cherkashin Yu.N. et al. Pedersen mode ducting in a randomly stratified ionosphere. *Waves in Random Media*. 1997. № 4. Pp. 531-544.
5. Ivanov, D.V. Optimalnye polosy chastot slozhnykh signalov dlya dekametrovykh radioliny [Optimal Complex Signal Frequency Bandwidths for Decameter Radio Lines]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2006. Vol. 51, № 4. Pp. 389-396.
6. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Kolchev A. A. Issledovaniya osobennostey dispersionnykh kharakteristik radiokanalov s pomoshchyu LCHM-ionozonda [Investigations of Regularities of Dispersion Characteristics of Radio Channels Using LFM-ionosonde]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Radiofizika* [News of higher educational institutions. Radio Physics]. 2001. Vol. 44, № 3. Pp. 241-254.
7. Boguta N.M., Ivanov V.A., Noga Y.V. et al. Use of ionosondes in adaptive HF communication system. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 1993. Vol. 4. P. 77-79.
8. Ivanov V.A., Ryabova N.V., Uryadov V.P., Shumaev V.V. Apparatura chastotnogo obespecheniya v adaptivnoy sisteme KV radiosvyazi [Equipment of Frequency Support in Adaptive System of Short-Wave Radio Communication]. *Elektrosvyaz'* [Electrical Communication]. 1995. № 11. Pp. 30-32.
9. Ryabova, N.V. Diagnostika i imitatsionnoe modelirovanie pomekhustoichivyykh dekametrovykh radiokanalov: monografiya [Diagnostics and Simulation Modeling of Interference Immune Decameter Radio Channels: monograph]. Yoshkar-Ola: MARS-TU, 2003. 292 p.
10. Kryukovsky A. S., Lukin D. S., Rastyagaev D. V. Modelirovanie luchevoy i kausticheskoy struktury elektromagnitnykh poley po dannym radiotomografii ionosfery v okrestnosti ekvatorial'noy anomalii [Modeling of Beam and Caustic Structures of Electromagnetic Fields Using the Data of the Ionosphere Radio Tomography in the Equatorial Anomaly Region]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2010. Vol. 15, № 8. Pp. 5-11.
11. Kryukovsky A. S., Lukin D. S. Teoriya rascheta etalonnykh fokal'nykh i difraktsionnykh elektromagnitnykh poley na osnove spetsial'nykh funktsiy volnovykh katastrof [Theory of Calculation of Reference Focal and Diffraction Electromagnetic Fields on the Basis of Special Functions of Wave Catastrophes]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and electronics]. 2003. Vol. 48, № 8. Pp. 912-921.
12. Kryukovsky A.S., Lukin D.S., Rastyagaev D.V. Klassifikatsiya i ravnomernoe asimptoticheskoe opisanie prostranstvenno-vremennykh trekhmernykh kraevykh fokusirovok volnovykh poley [Classification and Uniform Asymptotic Description of Spatio-Temporal Three-Dimensional Edge Focusing of Wave Fields]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2005. Vol. 50, № 10. Pp. 1221-1230.
13. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova N.V., Maltsev A.V. Adaptivnoe obnaruzhenie i vydelenie shirokopolosnogo signala s lineinoy chastotnoy modulyatsiey pri szhatii ego v chastotnoy oblasti [Adaptive Detection and the Extraction of a Broadband Signal with Linear Frequency Modulation During its Compression in Frequency Domain]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, № 8. Pp. 34-45.
14. Ivanov V.A., Katkov E.V., Ryabova M.I., Chernov A.A. Kanalnye 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. Ipatov E. B., Lukin D. S., Palkin E. A. Chislennaya realizatsiya metoda kanonicheskogo operatora Maslova v zadachakh rasprostraneniya korotkikh radiovoln v ionosphere Zemli [Numerical Implementation of the Canonical Maslov Operator Method in the Problems of Short Radio Wave Propagation in the Earth's Ionosphere]. *Izvestiya vysshikh*

uchebnykh zavedeniy. Radiofizika [News of higher educational institutions. Radio Physics]. 1990. Vol. 33, № 5. Pp. 562-573.

16. Kryukovsky A.S., Lukin D.S., Palkin E.A. Ravnornnye asimptotiki i uglovy katastrofy [Uniform Asymptotics and Angular Catastrophes]. *Doklady Akademii nauk* [Proceedings of the Academy of Sciences]. 1995. Vol. 341, № 4. Pp. 456-459.

17. Ryabova M.I. Sintez i issledovanie disperсионnykh kharakteristik vysokochastotnykh radioanalov 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 infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3. Pp. 36-45.

19. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Tsarev I. E. Chislennyye i polunaturnyye issledovaniya funktsii rasseyaniya uzkopolosnykh dekametrovykh radiosignalov [Numerical and Seminal Investigation

tions of Narrowband Decameter Radio Signal Scattering Function]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2009. Vol. 14. № 8. Pp. 46-54.

20. Ivanov V.A., Katkov E.V., Chernov A.A. Ustroistvo i algoritmy sinkhronizatsii radiotekhnicheskikh sistem svyazi i zondirovaniya ionosfernykh vysokochastotnykh radiokanalov [Structure 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. Pp. 114-126.

21. 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.

The article was received 18.04.14.

Citation for an article: Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Ryabova M. I., Shomina G. A. Investigation of polarization coherence bandwidth variations during quasi-zenithal propagation of broadband radio signals. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 2 (21). Pp. 33-43.

Information about the authors

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, the propagation of radio waves, modeling and broadband signals. The author of more than 250 publications. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

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 more than 100 publications. E-mail: IvanovDV@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 more than 130 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 more than 50 publications. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

SHOMINA Galina Aleksandrovna – an undergraduate of Radio Engineering Faculty, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is modeling, radio wave propagation and dispersion. The author of 3 publications. E-mail: shominag@bk.ru

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК: 621.391

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. С. Титов¹, А. А. Роженцов², Р. Г. Хафизов²

¹Юго-Западный государственный университет,
Российская Федерация, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94
E-mail: titov-kstu@rambler.ru

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

Выполнен обзор современных подходов к представлению и обработке изображений трёхмерных объектов. Рассмотрены такие способы, как параметрическое представление формы, неявные алгебраические поверхности, суперквадрики, обобщённый цилиндр, полигональные сетки, сферические гармоники, расширенное гауссово изображение, комплексное расширенное гауссово изображение, гистограммы формы, распределение формы, дескриптор световых полей, контурные методы представления и обработки изображений трёхмерных объектов. Определены достоинства и недостатки указанных представлений и области их применения.

Ключевые слова: формирование; представление; моделирование; обработка трёхмерных изображений; контурный анализ.

Список литературы

1. Гридин, В.Н. Адаптивные системы технического зрения / В.Н.Гридин, В.С.Титов, М.И.Труфанов. – М.: Наука, 2009. – 441 с.
2. Емельянов, С.Г. Методы и системы цифровой обработки аэрокосмических изображений / С.Г. Емельянов, Е.А. Кудряшов, С.Ю. Мирошников, В.С.Титов. – Новосибирск: Наука, 2012. – 175 с.
3. Richard, J. Campbell and Patrick J. Flynn. A Survey Of Free-Form Object Representation and Recognition Techniques / J. Richard // Computer Vision and Image Understanding. – 2001. – № 81. – Pp. – 166–210.
4. Dierckx, Paul. Curve and surface fitting with splines. Monographs on Numerical Analysis. Oxford Science Publications / Paul Dierckx. – New York: The Clarendon Press, Oxford University Press, 1993. – 285 p.
5. Ben-Yaacov, H. Recognition of 3D Objects Based on Implicit Polynomials / H. Ben-Yaacov, D. Malah, M. Barzohar // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – May 2010. – Vol. 32, No. 5. – Pp. 954–960.
6. Greengard, L. A fast algorithm for particle simulations / L. Greengard, V. Rokhlin // J. Comput. Phys. – 1987. – № 73. – Pp. 325–348.
7. Reconstruction and representation of 3D objects with radial basis functions / Carr J., Beatson R., Cherrie J., Mitchell T., Fright W., McCallum B., Evans T.R. // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series. – 2001. – Pp. 67–76.
8. Jaklič, A. Segmentation and Recovery of Superquadrics / A. Jaklič, A. Leonardis, F. Solina. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000. – 266 p.
9. Kazhdan, Michael. Rotation Invariant Spherical Harmonic Representation of 3D Shape Descriptors / Michael Kazhdan, Thomas Funkhouser, Szymon // Rusinkiewicz. Symposium on Geometry Processing. – June 2003. – Pp. 156–164.
10. Horn, B. Extended gaussian images / B. Horn // In Proceedings of the IEEE. – 1984. – Vol. 72. – Pp. 1656–1678.

11. Kang, S. Determining 3-d object pose using the complex extended gaussian image / S. Kang, K. Ikeuchi // CVPR. – June 1991. – Pp. 580–585.

12. Ankerst, M. G. 3d shape histograms for similarity search and classification in spatial databases / M. Ankerst, G. Kastenmüller, H. Kriegel, T. Seidl: In R. H. Güting, D. Papadias, and F. H. Lochovsky, editors // Advances in Spatial Databases, 6th International Symposium, SSD'99. – Hong Kong, China, July 20–23, 1999, Proceedings, vol. 1651 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 1999. – Pp. 207–226.

13. Osada, R.. Matching 3D models with shape distributions / R. Osada, T. Funkhouser, B. Chazelle, D. Dobkin // Shape Modeling International. – May 2001. – Pp. 154–166.

14. Chen, D.-Y. On visual similarity based 3D model retrieval / D.-Y. Chen, M. Ouhyoung, X.-P. Tian, and Y.-T. Shen // Computer Graphics Forum. – 2003. – Pp. 223–232.

15. Фурман, Я. А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев и др.; под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

16. Фурман, Я.А. Комплекснозначные и гиперкомплексные системы в задачах обработки многомерных сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.А. Роженцов и др.; под ред. Я.А. Фурмана. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 456 с.

17. Фурман, Я. А. Проволочная модель пространственного группового точечного объекта / Я. А. Фурман, К. Б. Рябинин, М. И. Красильников // Автометрия. – 2008. – Т. 44, №3. – С. 3–16.

18. Егошина, И.Л. Согласованная фильтрация зашумлённых дискретных кватернионных сигналов / Я.А. Фурман, Р.В. Ерусланов, И.Л. Егошина [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники. – 2012. – №3. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/mac/mar12/index.html>

19. Егошина, И.Л. Обратная задача вращения трёхмерных векторных сигналов / Я.А. Фурман, И.Л. Егошина // Автометрия. – 2010. – Т.46, №1. – С. 46–56.

20. Егошина, И.Л. Оценка трудоёмкости определения параметров вращений трёхмерных объектов / А.А. Роженцов, И.Л. Егошина, Р.Г. Хафизов, Д.Г. Хафизов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2008. – №3. – С. 51–62.

Статья поступила в редакцию 11.04.14.

Ссылка на статью: Титов В. С., Роженцов А. А., Хафизов Р. Г. Современные подходы к представлению и обработке изображений трёхмерных объектов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 44–54.

Информация об авторах

ТИТОВ Виталий Семенович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники, Юго-Западный государственный университет. Область научных интересов – теоретические и методологические основы построения адаптивных оптико-электронных систем, применяемых при автоматизации технологических процессов и производств различного назначения. Автор 330 публикаций. E-mail: titov-kstu@rambler.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 160 публикаций. E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

ХАФИЗОВ Ринат Гафиятуллович – доктор технических наук, профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка изображений и сигналов. Автор 135 публикаций. E-mail: HafizovRG@volgatech.net

MODERN APPROACHES TO REPRESENTATION AND PROCESSING OF THREE-DIMENSIONAL OBJECT IMAGES

V. S. Titov¹, A. A. Rozhentsov², R. G. Hafizov²

¹Southwest State University,
94, st. 50 let Oktyabrya, Kursk, 305040, Russian Federation
E-mail: titov-kstu@rambler.ru

²Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

Key words: formation; representation; modeling; three-dimensional image processing; loop analysis.

ABSTRACT

Introduction. At present one of the urgent problems as part of artificial intelligence systems is the development of vision systems, solving recognition problems, classification, tracking objects in dynamic scenes. This field began expanding at a very rapid rate in the 60s of the XX century. In the past period a large amount of the methods of analysis, recognition, classification, image parameter estimation was developed. Recently due to the development of software and hardware means of survey, processing and visualization, much attention is paid to the methods of three-dimensional scene analysis. The necessity for the transition to three-dimensional scene processing is attributable to their higher informativity in comparison with flat images, adequacy to the surrounding space structure, independence of received three-dimensional object descriptions from observation conditions etc. However, when processing three-dimensional scenes there are complications because of the necessity for the storage and processing of large data volumes, the dependence of the processing results from the perspective and the distance to the object etc. In this connection, researchers develop different methods of three-dimensional scenes description and processing of objects represented in them. **The purpose of the work** is the survey and the comparative analysis of the most common methods of second-order description formation and the processing of three-dimensional object images (Parametric form representation, Implicit algebraic surfaces, Super quadrics and etc.). **Conclusion.** The considered methods of the representation of three-dimensional object images can be divided into three subgroups. The first subgroup is the methods, based on some functional description of the surface of three-dimensional objects. The advantages of such representations are description compactness, the possibility of detailed and exact restoration of the object form, uniqueness and unambiguity of these descriptions for the objects of different forms. The disadvantages of some methods of this group are the implicit dependence of analytic descriptions from the parameters of ranging, rotation, transfer, computational complexity of the descriptions and the restoration of the object form on their basis. The second group is the descriptions that do not fully store the information about the object form. The advantage of these descriptions is the compactness and low labor-intensiveness of computational procedures, used during their formation and processing. The third group is the methods, based on primary descriptions of the surface form. If readings are taken with the necessary frequency, then such descriptions completely store the initial information about the object form. The survey of modern approaches to the representation and processing of three-dimensional images doesn't allow determining «the best» or «the worst» method, because the scope of application of each one is determined by the class of problems, solved by a certain vision system.

REFERENCES

1. Gridin V.N., Titov V.S., Trufanov M.I. *Adaptivnye sistemy tekhnicheskogo zreniya* [Adaptive Vision Systems]. Moscow: Nauka, 2009. 441 p.
2. Emelyanov, S.G. Kudryashov E.A., Miroshnichenko S.Yu., Titov V.S. *Metody i sistemy tsifrovoy obrabotki aerokosmicheskikh izobrazheniy* [Methods and Systems of the Digital Processing of Aerospace Images]. Novosibirsk: Nauka, 2012. 175 p.
3. Richard J. Campbell and Patrick J. Flynn. A Survey Of Free-Form Object Representation and Recognition Techniques. *Computer Vision and Image Understanding*. 2001. № 81. Pp. 166–210.
4. Dierckx Paul. Curve and surface fitting with splines. Monographs on Numerical Analysis. Oxford Science Publications. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1993. 285 p.
5. Ben-Yaacov H., Malah D., Barzohar M. Recognition of 3D Objects Based on Implicit Polynomials. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*. May 2010. Vol. 32, No. 5. Pp. 954-960.

6. Greengard L., Rokhlin V. A fast algorithm for particle simulations. *J. Comput. Phys.* 1987. № 73. Pp. 325-348.
7. Carr J., Beatson R., Cherrie J., Mitchell T., Fright W., McCallum B., Evans T.R. Reconstruction and representation of 3D objects with radial basis functions. *Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series*. 2001. Pp. 67-76.
8. Jaklič, A., Leonardis A., Solina F. Segmentation and Recovery of Superquadrics. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000. 266 p.
9. Kazhdan Michael, Thomas Funkhouser, Rusinkiewicz Szymon. Rotation Invariant Spherical Harmonic Representation of 3D Shape Descriptors. Symposium on Geometry Processing, June 2003. Pp. 156-164.
10. Horn, B. Extended gaussian images. *In Proceedings of the IEEE*. 1984. Vol. 72. Pp. 1656-1678.
11. Kang S, Ikeuchi K. Determining 3-d object pose using the complex extended gaussian image. CVPR. June 1991. Pp. 580-585.
12. Ankerst M., Kastenmüller G., Kriegel H., Seidl T. 3d shape histograms for similarity search and classification in spatial databases: In R. H. Güting, D. Papadias, and F. H. Lochovsky, editors // *Advances in Spatial Databases, 6th International Symposium, SSD'99*, Hong Kong, China, July 20-23, 1999, Proceedings, vol. 1651 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, 1999. Pp. 207-226.
13. Osada R., Funkhouser T., Chazelle B., Dobkin D. Matching 3D models with shape distributions. *Shape Modeling International*, May 2001. – Pp. 154-166.
14. Chen D.-Y., Ouhyoung M., Tian X.-P., Shen Y.-T. On visual similarity based 3D model retrieval. *Computer Graphics Forum*, 2003. Pp. 223-232.
15. Furman Ya. A., Krevetsky A. V., Peredrev A. K. et al. *Vvedenie v konturnyi analiz i ego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov* [Introduction to Contour Analysis and its Image and Signal Processing Application]; edited by Ya. A. Furman. – the second edition, cor. – Moscow: Fizmatlit, 2003. – 592 p.
16. Furman Ya. A., Krevetsky A. V., Rozhentsov A. A. et al. *Kompleksnoznachnye i giperkompleksnye sistemy v zadachakh obrabotki mnogomernykh signalov* [Complex-valued and Hypercomplex Systems in Problems of Many-dimensional Signal Processing]; edited by Ya. A. Furman. Moscow: FIZMATLIT, 2004. 456 p.
17. Furman Ya. A., Ryabinin K. B., Krasilnikov M. I. Provolochnaya model prostranstvennogo gruppovogo tochechnogo ob'ekta [Wire Model of a Spatial Group Point Object]. *Avtometriya* [Avtometriya]. 2008. Vol. 44, № 3. Pp. 3-16.
18. Furman Ya. A., Eruslanov R. V., Egoshina I. L. Soglasovannaya fil'tratsiya zashumlyonnykh diskretnykh kvaternionnykh signalov [Matched Filtering of Noisy Discrete Quaternion Signals]. *Zhurnal radioelektroniki* [Journal of radio electronics]. 2012. № 3 [Electronic resource]. Access mode: <http://jre.cplire.ru/mac/mar12/index.html>
19. Furman Ya. A., Egoshina I.L. Obratnaya zadacha vrashcheniya tryokhmernykh vektornykh signalov [Inverse Problem of Three-dimensional Vector Signal Rotation]. *Avtometriya* [Avtometriya]. 2010. Vol.46, №1. Pp. 46-56.
20. Rozhentsov A.A., Egoshina I.L., Hafizov R.G., Hafizov D.G. Otsenka trudoyomkosti opredeleniya parametrov vrashcheniy tryokhmernykh ob'ektov [Estimation of the Laboriousness of the Determination of Rotation Parameters of Three-dimensional Objects]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radio-tekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2008. №3. Pp. 51-62.

The article was received 11.04.14.

Citation for an article: Titov V. S., Rozhentsov A. A., Hafizov R. G. Modern approaches to representation and processing of three-dimensional object images. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 2 (21). Pp. 44-54.

Information about the authors

TITOV Vitaly Semenovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Computer Engineering, Southwest State University. The sphere of research interests is theoretical and methodological foundations of the construction of adaptive optoelectronic systems, applied at the automatic control of operating procedures and different application production. The author of 330 publications. E-mail: titov-kstu@rambler.ru

ROZHENTSOV Alexey Arkadyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Medical and Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of research interests is the digital processing of images and signals. The author of 160 publications. E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

HAFIZOV Rinat Gafiyatullovi – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Medical and Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of research interests is the digital processing of images and signals. The author of 135 publications. E-mail: HafizovRG@volgatech.net

УДК 621.391

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ИЗОБРАЖЕНИЙ АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДИСКРЕТНЫХ ОТСЧЁТОВ

В. В. Севастьянов¹, К. О. Иванов²

¹Центр патологии речи и нейрореабилитации,
Российская Федерация, 424031, Йошкар-Ола, ул. Пролетарская, 65
E-mail: spr@mari-el.ru

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

Разработан метод оцифровки электроэнцефалографии по их растровым изображениям на бумажных носителях. Метод основан на сегментации пикселей машинного кадра электроэнцефалографии по результатам спектрального анализа в векторном пространстве RGB. Для подавления шумовых отсчётов и выделения граничных точек использованы алгоритмы морфологической обработки изображения электроэнцефалографии.

Ключевые слова: векторное пространство RGB; дилатация; многомерное нормальное распределение; оцифровка графиков; прослеживание контуров; расстояние Махаланобиса; электроэнцефалография; эрозия.

Список литературы

1. Patent Number 5269315 USA, A61B 504/76. Determining the nature of brain lesions by electroencephalography / Andrew F. Leuchter. – № 0774587; Filed 16.08.1991; Date of Patent 14.12.1993.
2. *Зенков, Л. П.* Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей / Л. П. Зенков. – 5-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2012. – 356 с.
3. *Nunes, T. M.* EEG signal classification for epilepsy diagnosis via optimum path forest - A systematic assessment / T. M. Nunes, A. L. V. Coelho, C. A. M. Lima, J. P. Papa, V. H. C. De Albuquerque // *Neurocomputing*. – 2014. – Vol. 136. – Elsevier, 2014. – Pp. 103-123.
4. *Lima, Clodoaldo A. M.* Kernel machines for epilepsy diagnosis via EEG signal classification: A comparative study / Clodoaldo A. M. Lima, André L. V. Coelho // *Artificial Intelligence in Medicine*. – 2011. – Vol. 53, Iss. 2. – Elsevier Science Publishers Ltd. Essex, 2014. – Pp. 83-95.
5. *Dhiman, R.* Genetic algorithms tuned expert model for detection of epileptic seizures from EEG signatures / R. Dhiman, J. S. Saini, Priyanka // *Applied Soft Computing Journal*. – 2014. – Vol. 19. – Elsevier BV, 2014. – Pp. 8-17.
6. *Kumar, Y.* Epileptic seizure detection using DWT based fuzzy approximate entropy and support vector machine / Y. Kumar, M. L. Dewal, R. S. Anand // *Neurocomputing*. – 2014. – Vol. 133. – Elsevier, 2014. – Pp. 271-279.
7. *García-Laencina, P. J.* Exploring dimensionality reduction of EEG features in motor imagery task classification / P. J. García-Laencina, G. Rodríguez-Bermudez, J. Roca-Dorda // *Expert Systems with Applications*. – 2014. – Vol. 41, Iss. 11. – Elsevier Limited, 2014. – Pp. 5285-5295.
8. *Nawrocka, A.* The application of Visual Evoked Potentials in brain-computer interface / A. Nawrocka, M. Nawrocki // *Solid State Phenomena*. – 2014. – Vol. 208. – Trans Tech Publications, 2014. – Pp. 102-108.
9. *Shu, X.* Visual stimulus background effects on SSVEP-based brain-computer interface / X. Shu, L. Yao, J. Meng, X. Sheng, X. Zhu // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2013. – Vol. 8102. – Springer Verlag, 2013. – Pp. 453-462.
10. *Гонсалес, Р. С.* Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
11. *Форсайт, Д.* Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
12. *Bajorski, Peter.* Statistics for Imaging, Optics, and Photonics / Peter Bajorski. – Wiley, 2012. – 404 p.
13. *Michaël Bensimhoun.* N-dimensional cumulative function, and other useful facts about gaussians and normal densities. Jerusalem, 06/2009. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Cumulative_function_n_dimensional_Gaussians_12.2013.pdf (дата обращения 05.05.2014)
14. *Математическая морфология.* URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Математическая_морфология (дата обращения: 01.04.2014).

15. Гонсалес, Р. С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.

16. Фурман, Я.А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сиг-

налов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передереев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин. – М.: Физматлит, 2002. – 592 с.

Статья поступила в редакцию 30.04.14.

Ссылка на статью: Севастьянов В. В., Иванов К. О. Комбинированный подход к анализу изображений аналоговых электроэнцефалограмм с целью получения цифровых дискретных отсчётов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 55-66.

Информация об авторах

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 9 патентов за рубежом.

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

A COMBINED APPROACH TO ANALOG ELECTROENCEPHALOGRAM IMAGE ANALYSIS FOR GETTING DIGITAL DISCRETE SAMPLES

V. V. Sevastyanov¹, K. O. Ivanov²

Centre of Speech Pathology and Neuro-Rehabilitation,
65, Proletarskaya St., Yoshkar-Ola, 424031, Russian Federation

E-mail: cpr@mari-el.ru

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

E-mail: krtmbs@volgatech.net

Key words: vector space RGB; dilatation; multinormal distribution; graph digitizing; tracing of contours; Mahalanobis distance; electroencephalography; erosion.

ABSTRACT

*The relevance of the use of modern digital signal processing techniques in electroencephalographic studies is shown in this paper. It is noted that most of the information of research is still stored on paper. **The purpose of this research** is the development of the method of receiving digital discrete samples of analog electroencephalograms by bitmap pictures of their paper carriers. The images were obtained by using the color scanner of an A3 format, which allows getting the digital copy of EEG from the paper tape with a full palette of colors in the vector space RGB. The basic problems, which occur when digitizing paper-based EEG and their solutions, are shown. The color segmentation of scanned EEG images is carried out by the proposed algorithm at the initial stage of digitizing. The result of the color segmentation is the binary image, on which electroencephalogram graphs are highlighted. The color segmentation is based on clustering. **Results.** The reference sampling of vectors in space RGB, including almost all values of EEG graph pixel luminance on the image that forms the data cluster, was obtained. As a result, the studies confirmed good sampling approximation by three-dimensional normal distribution, so the probability that a random image pixel belongs to the reference sampling is determined by Mahalanobis distance from this pixel to the centre of sampling mass. A threshold value for the Mahalanobis distance, when a random pixel belongs to the reference sampling with the probability 0.997, was calculated based on inverse cumulative function. The color segmentation was based on the received threshold value, equal to 3, that is if the Mahalanobis distance from the pixel to the centre of the*

sampling mass is less than 3, then it corresponds to the part of the EEG graph on the image. Otherwise, the pixel corresponds to the background. After color segmentation the series of morphological transformations of the image is performed in order to improve the quality of the image and isolate boundary points. The first morphological transformation is dilatation. The dilatation broadens the objects on the image that results in the disappearance of small holes in the segmented image, boundary lines become smooth. Then, boundary points are allocated on the image. The allocation of the boundary points is performed by subtracting the result of the erosion from the initial image. The final stage of digitization is tracing of contours on the boundary image. Lower parts of contours are considered as digital discrete samples of electroencephalograms. The gaps in the signal are filled using linear interpolation. **Conclusion.** The contour analysis instrument can considerably increase recognition accuracy due to the exclusion of isolated low-sized objects by the introduction of length and square contour threshold.

REFERENCES

1. Andrew F. Leuchter. Determining the nature of brain lesions by electroencephalography. Patent USA, no 5269315, 1993.
2. Zenkov L. R. Klinicheskaya elektroentsefalografiya (s elementami epileptologii). [Clinical Electroencephalography (with Elements of Epileptology). Rukovodstvo dlya vrachei [Guidelines for Doctors]; the fifth edition. M.: MEDpress-inform, 2012. 356 p.
3. Nunes T. M., V. Coelho A. L., Lima C. A. M., Papa J. P., De Albuquerque V. H. C. EEG signal classification for epilepsy diagnosis via optimum path forest - A systematic assessment. *Neurocomputing*. 2014. Vol. 136. Elsevier, 2014. Pp. 103-123.
4. Lima Clodoaldo A. M., Coelho André L. V. Kernel machines for epilepsy diagnosis via EEG signal classification: A comparative study. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2011. Vol. 53, Iss. 2. Elsevier Science Publishers Ltd. Essex, 2014. Pp. 83-95.
5. Dhiman R., Saini J. S., Priyanka. Genetic algorithms tuned expert model for detection of epileptic seizures from EEG signatures. *Applied Soft Computing Journal*. 2014. Vol. 19. Elsevier BV, 2014. Pp. 8-17.
6. Kumar Y., Dewal M. L., Anand R. S. Epileptic seizure detection using DWT based fuzzy approximate entropy and support vector machine. *Neurocomputing*. 2014. Vol. 133. Elsevier, 2014. Pp. 271-279.
7. García-Laencina P. J., Rodríguez-Bermudez G., Roca-Dorda J. Exploring dimensionality reduction of EEG features in motor imagery task classification. *Expert Systems with Applications*. 2014. Vol. 41, Iss. 11. Elsevier Limited, 2014. Pp. 5285-5295.
8. Nawrocka A., Nawrocki M. The application of Visual Evoked Potentials in brain-computer interface. *Solid State Phenomena*. 2014. Vol. 208. Trans Tech Publications, 2014. Pp. 102-108.
9. Shu X., Yao L., Meng J., Sheng X., Zhu X. Visual stimulus background effects on SSVEP-based brain-computer interface. *Lecture Notes in Computer Science*. 2013. Vol. 8102. Springer Verlag, 2013. Pp. 453-462.
10. Gonsales R. S., Woods R. E. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Digital Image Processing]. Moscow: Tekhnosfera, 2006. 1072 p.
11. Forsait D., Pons Zh. *Kompyuternoe zrenie. Sovremennyy podkhod* [Computer Vision. Modern Approach]. M.: Williams, 2004. 928 p.
12. Bajorski Peter. *Statistics for Imaging, Optics, and Photonics*. Wiley, 2012. 404 p.
13. Michaeël Bensimhou. N-dimensional cumulative function, and other useful facts about gaussians and normal densities. Jerusalem, 06/2009. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Cumulative_function_n_dimensional_Gaussians_12.2013.pdf (Access date: 05.05. 14).
14. Matematicheskaya morfologiya. [Mathematical Morphology]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Mathematical_Morphology (Access date: 01.04. 14).
15. Gonsales R. S., Woods R. E., Eddins S. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MATLAB* [Digital Image Processing using MATLAB]. Moscow: Tekhnosfera, 2006. 616 p.
16. Furman Ya. A., Krevetsky A.V., Peredreev A. K., Rozhentsov A.A., Hafizov R.G., Egoshina I. L., Leuhin A.N. *Vvedenie v konturnyi analiz i ego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov* [Introduction to Contour Analysis and its Applications to Image and Signal Processing]. Moscow: Fizmatlit, 2002. 592 p.

The article was received 30.04.14.

Citation for an article: Sevastyanov V. V., Ivanov K. O. A combined approach to analog electroencephalogram image analysis for getting digital discrete samples. *Vestnik of Volga State University of Technology*. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 2 (21). Pp. 55-66.

Information about the authors

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.

IVANOV Konstantin Olegovich – a post-graduate student of the Chair of Medical and Biological System Engineering, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is digital processing of images and signals. The author of 3 publications.

УДК 621.81

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, ОПИСЫВАЕМЫХ МОДЕЛЯМИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

A. P. Rott

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

Технические системы, работающие в различных отраслях производства, часто функционируют по типу систем массового обслуживания. Как в любых динамических системах, в них периодически возникают переходные процессы, исследование которых является целью настоящей работы, для чего необходимо решение следующих задач: выбор метода моделирования, разработка алгоритмов и прикладных программ; получение и обработка результатов моделирования; исследование качества полученных переходных процессов; обобщение результатов моделирования и разработка практически важных выводов и рекомендаций. Показаны особенности методов моделирования, направленные на получение и исследование переходных процессов в технических системах. Приведены примеры расчётов и практически важные выводы по результатам исследований.

Ключевые слова: *технические системы; системы массового обслуживания; динамическая система; неустановившийся режим; переходной процесс; аналитическое моделирование; имитационное моделирование; длительность переходного процесса; форма переходного процесса.*

Список литературы

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель; 6-е изд. стер. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
2. Ивницкий, В.Л. Теория сетей массового обслуживания / В. Л. Ивницкий. – М.: Физматлит, 2004. – 772 с.
3. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М.: Дрофа, 2004. – 208 с.
4. Ротт, А. Р. Исследование переходных процессов в электрических системах, функционирующих по типу систем массового обслуживания / А. Р. Ротт, В. Н. Чайкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 2. – С. 29-31.
5. Ротт А.Р. Моделирование и расчеты производственно-технических систем / А. Р. Ротт. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – 223 с.
6. Бельков, В.Н. Автоматизированное проектирование технических систем / В.Н. Бельков, В.Л. Ланшаков. – Изд-во «Академия естествознания», 2009. – 347 с.

Статья поступила в редакцию 26.12.13.

Ссылка на статью: Ротт А. Р. Исследование переходных процессов в технических системах, описываемых моделями массового обслуживания // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 67-74.

Информация об авторе

РОТТ Аркадий Рейнгольдович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование, проектирование и расчёты машиностроительных объектов и систем, автоматика и автоматизация производственных процессов в машиностроении. Автор 77 публикаций.

INVESTIGATION OF TRANSIENT PROCESSES IN TECHNICAL SYSTEMS, DESCRIBED BY QUEUEING MODELS

A. R. Rott

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

Key words: *technical systems; queueing systems; dynamic system; transient regime; transient process; analytical modeling; simulation modeling; transient period; transient form.*

ABSTRACT

Introduction. Complex systems, working in different fields of engineering, often function by type of queueing systems. For their investigation it is possible to use both analytical and simulation methods of modeling, which are well-known. However, it is mainly true of the modeling of a steady-state regime. As a rule, based on its results, main design solutions are made, because the investigation of transient processes is connected with certain mathematical and technical problems. At the same time, ignoring a transient regime of work, arising in technical systems because of the natural rhythm of their functioning, in some cases, can lead to considerable decrease of model accuracy.

The purpose of the work is further development of scientific and methodological approaches to the design of complex technical systems and transient processes that occur in them. The methods of analytical and simulation modeling, applied for the investigation of transient processes are shown in the article by example of information systems. The results of modeling are presented as well, they allow estimating the character of these processes (their form, duration, deviation from steady-state values).

Conclusion. The analysis of the results of modeling and the investigation of transient processes in considered technical systems show that, in a number of cases, when designing similar systems and determining output values of their functioning, taking into account the influence of these transient processes is compulsory. The applied method of modeling is universal and it allows investigating the singularities of transient processes in technical systems of diverse applications and structures.

REFERENCES

1. Venttsel E.S. *Teoriya veroyatnostey* [Probability Theory]; the 6th edition. Moscow: Vysshaya shkola, 1999. 576 p.
2. Ivitsky V.L. *Teoriya setey massovogo obsluzhivaniya* [Theory of Queueing Networks]. Moscow: Fizmatlit, 2004. 772 p.
3. Venttsel E.S. *Issledovanie operatsii* [Operation Investigation]. Moscow: Drofa, 2004. 208 p.
4. Rott A.R., Chaikin V.N. *Issledovanie perekhodnykh protsessov v elektricheskikh sistemakh, funktsioniruyushchikh po tipu sistem massovogo obsluzhivaniya*. [Investigation of Transient Processes in Electrical Systems, Functioning by Type of Queueing Systems]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaistva* [Mechanization and Electrification of Agriculture]. 2006. № 2. Pp. 29-31.
5. Rott A.R. *Modelirovanie i raschety proizvodstvenno-tekhnicheskikh sistem* [Modeling and Calculation of Production and Technical Systems]. Yoshkar-Ola: MARSTU, 2010. 223 p.
6. Bel'kov V.N., Lanshakov V.L. *Avtomatizirovannoe proektirovanie tekhnicheskikh sistem* [Automated Design of Technical Systems]. Izd-vo «Akademiya estestvoznaniya», 2009. 347 p.

The article was received 26.12.13.

Citation for an article: Rott A. R. Investigation of transient processes in technical systems, described by queueing models. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 2 (21). Pp. 67-74.

Information about the author

ROTT Arkady Reingoldovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Transportation and Production Equipment, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is modeling, design and calculation of machine-building objects and systems, automatics and automatization of production processes in machine-building. The author of 77 publications.

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК. 666.3.019

СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ И КОРПУСОВ МИКРОСХЕМ В ПРОЦЕССЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ

Е. В. Ермолаев¹, Н. М. Скулкин²

¹Марийский государственный университет
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1
E-mail: genek2011@inbox.ru

²Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: Skulkin48@mail.ru

В данной работе авторами проверен способ «залечивания» дефектных структурообразований в области межслойных переходов металлокерамических плат и корпусов микросхем, возникающих в результате несогласованного сжатия металлизационного проводника и диэлектрического основания платы, путём повторной температурной обработки. Представлена физическая модель и механизм «залечивания» капиллярных дефектов на основе явления массопереноса размягчённой стеклофазы в процессе повторной температурной обработки.

Ключевые слова: металлокерамическая плата; стеклофаза; межслойный переход; капиллярная трещина; капиллярная пропитка.

Список литературы

1. Ермолаев, Е.В. Разгерметизация металлокерамических корпусов в области межслойных проводников в производственных условиях / Е. В. Ермолаев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 1 (20). – С. 97-102.
2. Ермолаев, Е.В. Методы стабилизации металлизированной поверхности металлокерамических плат и корпусов микросхем / Е.В. Ермолаев, Н.М. Скулкин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2012. – № 2 (16). – С. 73-77.
3. Huemoeller, S.R. Unveiling the next generation in substrate technology / S.R. Huemoeller, S.C. Amkor, T.Y. Chen, D.B. Unimicron // Proceedings of the Pan Pacific Microelectronics Symposium. – 2007. – No. 1. – Pp. 5-14.
4. Heuer, A.H. Influence of Annealing on the Strength of Corundum Crystals / A.H. Heuer, J.P. Roberts // Proc. Brit. Ceram. – 2001. – No. 6. – Pp. 17-27.
5. Роде, А.А. Избранные труды. Т. 3. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – С. 342-348.
6. Ермолаев, Е.В. Структурные напряжения в металлокерамических корпусах микросхем / Е.В. Ермолаев, Н.М. Скулкин // Всероссийский научно-технический журнал. Сер.: Проектирование и технология электронных средств. – 2013. – № 3. – С. 50-54.

Статья поступила в редакцию 29.05.14.

Ссылка на статью: Ермолаев Е.В., Скулкин Н.М. Стабилизация термомеханической прочности металлокерамических плат и корпусов микросхем в процессе циклической высокотемпературной обработ-

ки // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 75-83.

Информация об авторах

ЕРМОЛАЕВ Евгений Валерьевич – аспирант кафедры общей и прикладной физики, Марийский государственный университет. Область научных интересов – физические причины дефектности металлокерамических дисперсных систем. Автор пяти публикаций.

СКУЛКИН Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – физические причины дефектности элементов и узлов радиоэлектронной аппаратуры. Автор 40 публикаций.

STABILIZATION OF THERMOMECHANICAL DURABILITY OF METAL-CERAMIC BOARDS AND MICROCIRCUIT PACKAGES IN THE PROCESS OF CYCLIC HIGH-TEMPERATURE PROCESSING

E. V. Ermolaev¹, N. M. Skulkin²

¹Mari State University,

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

E-mail: genek2011@inbox.ru

²Volga State University of Technology,

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

E-mail: Skulkin48@mail.ru

Key words: metal-ceramic board; vitreous phase; interlayer transition; capillary crack; capillary imbibition.

ABSTRACT

Introduction. In conditions of the mass production of multilayer metal-ceramic boards and microcircuit packages it's always necessary to form interlayer contact connections - interlayer transitions that provide electrical connection between separate package layers. At the stage of high-temperature processing, the interlayer transition and ceramics, surrounding it, have different coefficients of thermal expansion and compression, as a result of it, local stresses occur. They lead to the reliability decrease of a metal-ceramic unit and finally, to package depressurization as a whole. The result of these stresses is ceramics cracking around interlayer transitions. **The purpose of the work** is the preservation of strength characteristics of metal-ceramic boards and microcircuit packages on the basis of fine radio ceramics in the area of interlayer transitions in the process of their high-frequency processing. For achieving this purpose the problem was set and the possibility of «healing» capillary cracks in conditions of repetitive thermal treatment was investigated. The scientific research method is based on the method of situation modeling, that doesn't distort the reality of the considered physicochemical process. **Results.** By the results of research the physical model of «healing» capillary cracks was theoretically developed and experimentally confirmed. The mechanism of «healing» was determined. It is based on the mass transfer of softened vitreous phase under the influence of capillary forces in the area of the investigated crack. The optimal temperature range of repetitive thermal treatment, that contributes to «healing» of capillary cracks is determined. Experimentally received results are supplemented with photographs and the detailed description.

REFERENCES

1. Ermolaev E.V. Razgermetizatsiya metallokeramicheskikh korpusov v oblasti mezhslainykh provodnikov v proizvodstvennykh usloviyakh [Depressurization of Metal-Ceramic Packages in the Area of Interlayer Conductors under Production Conditions]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. № 1 (20). Pp. 97-102.
2. Ermolaev E.V., Skulkin N.M. Metody stabilizatsii metallizirovannoy poverkhnosti metallokeramicheskikh plat i korpusov mikroskhem [Methods of Stabilization of Metallized Surface of Metal-Ceramic Boards and Microcircuit Packages]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommu-*

nikatsionnye sistemy [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2012. № 2 (16). Pp. 73-77.

3. Huemoeller S.R., Amkor S.C., Chen T.Y., Unimicron D.B. Unveiling the next generation in substrate technology. *Proceedings of the Pan Pacific Microelectronics Symposium*. 2007. No. 1. Pp. 5-14.

4. Heuer A.H., Roberts J.P. Influence of Annealing on the Strength of Corundum Crystals. *Proc. Brit. Ceram.* 2001. No. 6. Pp. 17-27.

5. Rode A.A. *Izbrannye trudy* [Selected Papers].

V. 3. *Osnovy ucheniya o pochvennoy vlage* [The Basics of Soil Moisture]. Moscow: V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. Pp. 342-348.

6. Ermolaev E.V., Skulkin N.M. Strukturnye napryazheniya v metallokeramicheskikh korpusakh mikrokhem [Structure Stresses in Metal-Ceramic Microcircuit Packages]. *Vserossiiskiy nauchno-tekhnicheskii zhurnal. Ser.: Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv* [All-Russian Scientific and Technical Journal. Ser. Design and Technology of Electronic Means]. 2013. № 3. Pp. 50-54.

The article was received 29.05.14.

Citation for an article: Ermolaev E. V., Skulkin N. M. Stabilization of thermomechanical durability of metal-ceramic boards and microcircuit packages in the process of cyclic high-temperature processing. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 2 (21). Pp. 75-83.

Information about the authors

ERMOLAEV Evgeny Valeryevich – a post-graduate student of the Chair of General and Applied Physics, Mari State University. The sphere of research interests is physical reasons for the defectiveness of metal-ceramic dispersion systems. The author of 5 publications.

SKULKIN Nikolay Mikhailovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is physical reasons for the defectiveness of elements and units of electronic radio equipment. The author of 40 publications.

УДК 612.84.088

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗРЕНИЯ ПО ЧАСТОТЕ СВЕТОВЫХ МЕЛЬКАНИЙ

Т.А. Лежнина, В. В. Роженцов

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

Предложен метод повышения точности измерения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: зрительная система; частота световых мельканий; разрешающая способность; измерение; точность.

Список литературы

1. Роженцов, В. В. Способ определения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий / В.В. Роженцов, Т.А. Лежнина // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2009. – № 3(7). – С. 23-27.
2. Лежнина, Т. А. Моделирование разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий / Т.А. Лежнина, В.В. Роженцов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2(12). – С. 82-87.
3. Роженцов, В. В. Способ сокращения времени измерения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий / В.В. Роженцов, Т.А. Лежнина // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3(10). – С. 86-89.
4. Роженцов, В. В. Разрешающая способность зрения по частоте световых мельканий / В.В. Роженцов, Т.А. Лежнина // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – № 10. – С. 22-26.
5. Лежнина, Т. А. Время обучения измерению разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий / Т.А. Лежнина, В.В. Роженцов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 1 (17). – С. 91-96.
6. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н.М. Пейсахов, А.П. Кашин, Г.Г. Баранов, Р.Г. Вагапов; Под ред. В.М. Шадрина. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1976. – 238 с.
7. Солодовников, В. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотноков, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 535 с.
8. Пейсахов, Н. М. Закономерности динамики психических явлений / Н.М. Пейсахов. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1984. – 235 с.
9. Осипов, Г.И. Исследование и тренировка стереоскопического зрения методом динамической стереовизометрии / Г.И. Осипов // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 3. – С. 71-75.
10. Бондаренко, В. М. Изменение контрастных порогов обнаружения узкой полосы в процессе тренировки / В.М. Бондаренко, В.Е. Гаузелеман, В.Н. Чихман // Сенсорные системы. – 1999. – Т. 13, № 3. – С. 189-194.
11. Leler, L. Myopia Reduction Training with a Computer-Based Behavioral Technique: A Preliminary Report / L. Leler, T.A. Wilson // J. Behav. Optom. – 1993. – Vol. 4. – Pp. 87-92.
12. Паренко, М. К. Временной порог восприятия двойного светового импульса: значение спектральной характеристики, эксцентриситета, би- и монокулярности / М.К. Паренко, А.А. Лекомцева, В.И. Щербаков и др. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 6-1. – С. 83-86.

Статья поступила в редакцию 26.12.13.

Ссылка на статью: Лежнина Т.А., Роженцов В. В. Точность измерения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 2 (21). – С. 84-89.

Информация об авторах

ЛЕЖНИНА Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – методы и программно-технические средства исследования временных параметров зрительной системы человека. Автор 88 публикаций. E-mail: LezhninaTA@volgatech.net

РОЖЕНЦОВ Валерий Витальевич – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – методы и средства исследования функционального состояния человека, адаптации к внешним воздействиям. Автор 295 публикаций. E-mail: RozhentsovVV@volgatech.net

ACCURACY OF EYESIGHT RESOLUTION MEASUREMENT BY FLICKER FREQUENCY

T. A. Lezhnina, V. V. Rozhentsov

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

Key words: visual system; flicker frequency; eyesight resolution; measurement; accuracy.

ABSTRACT

Introduction. The visual system of a man is inertial that leads to the critical light flicker frequency (CLFF). The main disadvantage of the CLFF method is its low accuracy, explained by the limited eyesight resolution by light flicker frequency (LRLFF). **The purpose** of the work is the development of the method of LRLFF measurement accuracy increase. **Methods.** Light pulses with initial frequency, given in a visible frequency range were presented to probationers. Then in turn flickers with increased and decreased frequency in comparison with the initial one were presented. The difference between presented frequencies was increased until a probationer determined the differential threshold of presented light flicker frequencies. The measured value of RLFF was marked on the coordinate plane «LRLFF value-measurement number». The described technique was repeated, the chart of the dependence of LRLFF values as function $DF = f(N_i)$, where N_i is a number of i - measurement, $i = 1, 2, \dots, k$; k – measurement number was made until getting quasisteady operation, when the transient process is finished. In quasisteady operation the given measurement number was made, then LRLFF estimation was calculated as the arithmetical mean value of measurement results, received in quasisteady operation. **Results.** Ten untrained probationers aged 18-20 with normal or corrected eyesight took part in the examination. Binocular measurements were made in the first part of the day from 9 to 12 a. m. The initial light flicker frequency is determined as 10 Hz. Seven probationers had the decrease of the random component of the measurement error (standard deviation) and it varied from 40,3 to 73,4 % when calculating the LRLFF estimation by the suggested method in comparison with the generally accepted one, when three first measurements are excluded from the statistical analysis. **Conclusion.** The suggested method allows increasing LRLFF estimation accuracy and it can be recommended for conducting experimental investigations.

REFERENCES

1. Rozhentsov V. V., Lezhnina T. A. Sposob opredeleniya razreshayushchey sposobnosti zreniya po chastote svetovykh mel'kaniy [Method of Determination of Eyesight Resolution by Light Flicker Frequency]. *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. 23-27.

2. Lezhnina T. A., Rozhentsov V. V. Modelirovaniye razreshayushchey sposobnosti zreniya po chastote svetovykh mel'kaniy [Modeling of Eyesight Resolution by Light Flicker Frequency]. *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. 82-87.
3. Rozhentsov V. V., Lezhnina T. A. Spособ sokrashcheniya vremeni izmereniya razreshayushchey sposobnosti zreniya po chastote svetovykh mel'kaniy [Method of Time Reduction of Measurement of Eyesight Resolution by Light Flicker Frequency]. *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. 86-89.
4. Rozhentsov V. V., Lezhnina T.A. Razreshayushchaya sposobnost' zreniya po chastote svetovykh mel'kaniy [Eyesight Resolution by Light Flicker Frequency]. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedical radio electronics]. 2010. № 10. Pp. 22-26.
5. Lezhnina T. A., Rozhentsov V.V. Vremya obucheniya izmereniyu razreshayushchey sposobnosti zreniya po chastote svetovykh mel'kaniy [The Time of Training in Eyesight Resolution Measurement by Light Flicker Frequency]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser. Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 1 (17). Pp. 91-96.
6. Peisakhov N. M., Kashin A. P., Baranov G. G., Vagapov R. G.. *Metody i portativnaya apparatura dlya issledovaniya individualno-psikhologicheskikh razlichiy cheloveka* [Methods and Portable Equipment for the Investigation of Individual Psychological Differences of a Man]; edited by V. M. Shadrin. Kazan: Publishing house of Kazan University, 1976. 238 p.
7. Solodovnikov V. V., Plotnikov V. N., Yakovlev A. V. *Osnovy teorii i elementy sistem avtomaticheskogo regulirovaniya* [Basic Theory and Elements of Systems of Automatic Control]. Moscow: Machine-building, 1985. 535 p.
8. Peysahov, N. M. *Zakonomernosti dinamiki psikhicheskikh yavleniy* [Regularities of Psychical Phenomena Dynamics]. Kazan, Kazan University Publishing, 1984. 235 p.
9. Osipov, G.I. Issledovanie i trenirovka stereoskopicheskogo zreniya metodom dinamicheskoy stereovizometrii [Investigation and Training of Stereoscopic Vision by Dynamic Stereovisometry Method]. *Fiziologiya cheloveka* [Human physiology]. 1996. Vol. 22, № 3. Pp. 71-75.
10. Bondarenko V. M., Gauzelman V.E., Chihman V.N. Izmenenie kontrastnykh porogov obnaruzheniya uzkoj polosy v protsesse trenirovki [The Change of Contrasting Thresholds of Narrow Bandwidth Detection in the Process of Training]. *Sensor-based systems*. 1999. Vol. 13, № 3. Pp. 189-194.
11. Leler L., Wilson T.A. Myopia Reduction Training with a Computer-Based Behavioral Technique: A Preliminary Report. *J. Behav. Optom.* 1993. Vol. 4. Pp. 87-92.
12. Parenko M. K., Lekomtseva A.A., Shcherbakov V.I. et al. Vremennoy porog vospriyatiya dvoynogo svetovogo impul'sa: znachenie spektral'noy kharakteristiki, ekstsentrizeta, bi- i monokulyarnosti [Temporal Threshold of Double Light Pulse Perception: Spectral Characteristic Value, Eccentricity, Bi- and Monocularity]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* [Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod]. 2012. № 6-1. Pp. 83-86

The article was received 26.12.13.

Citation for an article: Lezhnina T.A., Rozhentsov V.V.. Accuracy of eyesight resolution measurement by flicker frequency. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 2 (21). Pp. 84-89.

Information about the authors

LEZHNIINA Tatyana Alexandrovna – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Design and Production of Computing Systems, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is methods and program-technical means of the investigation of time parameters of the visual system of a man. The author of 88 publications.

E-mail: LezhninaTA@volgatech.net

ROZHENTSOV Valery Vitalyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Design and Production of Computing Systems, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is methods and means of the investigation of the dynamic state of a man, adaptation to external influence. The author of 295 publications. E-mail: RozhentsovVV@volgatech.net

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

УДК 378.122.1(045)

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЁЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ»

С. Г. Кудрявцев

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

Приведены итоги работы IX Международной молодёжной научной конференции «Научному прогрессу – творчество молодых», состоявшейся 18 – 19 апреля 2014 года на базе ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет».

Ключевые слова: молодёжь; конференция; научно-техническое творчество.

Современный уровень развития общества характеризуется быстрым изменением во всех сферах жизни человека за счёт внедрения научно-технологических разработок в хозяйственную деятельность. Высочайшие темпы развития науки и техники требуют подготовки в университетах специалистов высшей квалификации, способных легко воспринимать и аккумулировать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии, эффективно их внедрять с целью удовлетворения новых потребностей общества, поэтому система образования должна быть направлена на творческую подготовку будущих инженеров, формирование умственной культуры и нестандартного стиля мышления, развития навыков для решения нетрадиционных задач, в том числе изобретательских. Акцент в преподавании необходимо переносить на организацию самостоятельной работы, которая развивает познавательную активность обучаемых, прививает умение к автономной работе с

печатными, аудио-, видеоматериалами и способствует прочному усвоению знаний.

Одной из форм самостоятельной работы, которая требует повседневного напряжённого труда, мобилизации интеллектуальных и нравственных сил, является организация научно-исследовательской работы студентов. Совместная деятельность преподавателя и студента, направленная на решение конкретной научной задачи или доведение до практического применения научных или технологических достижений, является основой для успешной подготовки элитных специалистов.

IX Международная молодёжная научная конференция по естественно-научным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых», которая прошла 18–19 апреля 2014 года на базе Центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета и была, в первую очередь, направлена на привлечение молодёжи к научным исследованиям.

Конференция включена в план мероприятий Министерства образования и науки Российской Федерации, имеет поддержку со стороны Правительства Республики Марий Эл, Попечительского совета ПГТУ. Основное внимание в работе конференции было сосредоточено на научно-техническом направлении, связанном с подготовкой инженерных кадров, способных в последующем обеспечить техническое и технологическое превосходство Российской Федерации в удержании и завоевании прочных позиций на мировом рынке интеллектуальных продуктов.

В работе 23 секций конференции приняли участие более 600 представителей молодого поколения из 28 вузов и научно-исследовательских организаций Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья. Присутствовали большие студенческие делегации из Казани, Чебоксар, Москвы, Самары, Брянска. Для иногородних участников проведены экскурсии по университету и городу.

На открытии конференции был заслушан пленарный доклад «Современные проблемы механики конструкций и материалов», с которым выступил профессор, доктор технических наук Ю.А. Куликов.

Название секций соответствовало приоритетным направлениям деятельности научных школ ПГТУ: прикладная математика и механика, радиотехнические и инфокоммуникационные системы, химия и химические технологии, технологические машины и оборудование, рациональное природопользование, энерго- и ресурсосберегающие технологии и т. д. Работу секций возглавляли ведущие в соответствующих областях науки учёные ПГТУ и вузов России. По представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами. Заседание секции «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии», на которую было представлено 75 докладов, проводилось совместно с международными оптическими обществами

SPiE OSA (USA) – КНИТУ – КАИ (Россия) в трёх подсекциях.

В отдельной секции проходило заседание конкурсной комиссии по отбору проектов в рамках выполнения Федеральной программы «У.М.Н.И.К.» – «Участник Молодёжного Научного Инновационного Конкурса». Данная программа направлена на массовое привлечение молодёжи к научно-исследовательской, опытно-конструкторской работе с целью подготовки молодых учёных, изобретателей, предпринимателей для инновационной деятельности, государственную поддержку молодых исследователей, у которых конкретные научные проекты имеют перспективы продвижения на рынке. Конференция входит в число мероприятий, аккредитованных Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (г. Москва), что предусматривает финансирование лучших инновационных проектов молодёжи для проведения дальнейших исследований и подготовку молодых специалистов к созданию малых инновационных предприятий для реализации полученных научных разработок. Участие в конкурсе позволяет молодёжи приобрести необходимые навыки по реализации новой научной продукции или услуги, воспитывает культуру отношений с потребителем предлагаемой ему продукции. В состав конкурсной комиссии входили представители Фонда, министерств и ведомств Республики Марий Эл, директора и ведущие специалисты научно-производственных фирм, учёные ПГТУ. На первый тур конкурса было представлено 113 проектов, на второй – отобрано 42. По результатам тщательного анализа и коллективного обсуждения проектов победителями программы стали 15 участников.

Работа конференции позволила:

- оценить уровень подготовки молодых исследователей с позиций их общего образовательного уровня, технической грамотности, инженерного мышления;

- провести объективную, независимую экспертизу и оценку работ, выполненных представителями разных вузов;
- выявить и отметить одарённых, талантливых ребят с целью их мотивации и стимулирования для дальнейшего профессионального роста;
- сформировать у молодого поколения новый уровень инновационной культуры;
- привлечь внимание представителей промышленности и бизнеса к научно-техническим разработкам молодёжи.

Конференция продемонстрировала благоприятное отношение молодого поколения к научно-исследовательской ра-

боте, техническому творчеству, показала с их стороны понимание, что при разработке ноу-хау требуются глубокие знания по математическим, естественно-научным и общепрофессиональным дисциплинам. Участники положительно оценили проведённое мероприятие и выразили желание встретиться на X юбилейной конференции, чтобы представить новые результаты своей научной деятельности.

При подведении итогов работы конференции был отмечен огромный интеллектуальный потенциал молодёжи, который в дальнейшем целесообразно направить и использовать на решение новых научных и прикладных задач.

Статья поступила в редакцию 29.04.14.

КУДРЯВЦЕВ Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, директор Центра фундаментального образования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – линейные и нелинейные задачи теории упругости. Автор более 40 публикаций.

**IX INTERNATIONAL YOUTH SCIENTIFIC CONFERENCE
«CREATIVITY OF THE YOUNG FOR THE SCIENTIFIC PROGRESS»**

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

Key words: *youth; conference; scientific and technical creativity.*

The results of the work of the IX International Youth Scientific Conference: «Creativity of the young for the scientific progress», held on April 18 - 19, 2014 at Volga State University of Technology are presented.

The article was received 29.04.14.

KUDRYAVTSEV Sergey Gennadyevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Director of the Center for Fundamental Education, Volga State University of Technology. The sphere of research interests is linear and nonlinear problems of elasticity theory. The author of more than 40 publications.

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 чёткости.

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

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

Список литературы оформляется согласно порядку ссылок в тексте (где они указываются в квадратных скобках) и обязательно в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 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;
- рекомендация кафедры;
- 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).