



7/2018

Вопросы *радиоэлектроники*

ISSN 2218–5453

Вопросы радиоэлектроники

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1959 ГОДА

Серия «Общетехническая» (ОТ)
ВЫПУСК 5

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-31114 от 15 февраля 2008 года).

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации для опубликования результатов диссертационных исследований (**Перечень ВАК**).

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (**РИНЦ**).

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

А. В. Фомина, д.э.н., доц., чл.-корр. Академии военных наук

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Г. В. Анцев, к.т.н., доц. (АО «НПП «Радар ммс»)
В. М. Балашов, д.т.н., проф. (АО «НПП «Радар ммс»)
Я. В. Безель, д.т.н., проф. (АО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей»)
А. И. Белоус, чл.-корр. НАН Беларуси, д.т.н., проф. (ОАО «ИНТЕГРАЛ»)
А. Б. Бляхман, д.т.н., проф. (АО «ФНПЦ «ННИИРТ»)
М. М. Бутаев, д.т.н., проф. (АО «НПП «Рубин»)
Н. Ю. Жибуртович, д.т.н., проф. (АО «Корпорация Фазотрон-НИИР»)
Н. Н. Иванов, д.т.н. (ОАО «Авангард»)
А. В. Киселев, д.т.н., проф. (ФГБОУ ВО НГТУ)
В. Е. Красовский, к.т.н., проф. (ПАО «ИНЭУМ им. И. С. Брука»)
А. В. Люхин, к.т.н. (ПАО «МАК «Вымпел»)
В. В. Мартынов, д.т.н., проф. (ФБГНУ «Аналитический центр»)
Н. А. Махутов, чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. (ИМАШ РАН)
Н. Л. Прохоров, д.т.н., проф. (ПАО «ИНЭУМ им. И. С. Брука»)
С. А. Прохоров, д.т.н., проф. (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева)
В. И. Сергеев, д.т.н., доц. (ВКБ АФУ (ОАО))
П. И. Смирнов, к.т.н. (АО «НИИ «Масштаб»)
С. А. Сорокин, к.т.н. (АО «НИИВК им. М. А. Карцева»)
А. Ф. Страхов, д.т.н., проф. (АО «ГПТП «Гранит»)
В. Ф. Хватов, д.т.н. (Гостехнадзор Ленинградской области)
С. В. Хохлов (Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга России)
В. И. Штейнберг, к.т.н. (АО «НИИ «Аргон»)

Полное или частичное воспроизведение материалов допускается только с письменного разрешения АО «ЦНИИ «Электроника».

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Вопросы радиоэлектроники» обязательна.

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели.

Ответственность за достоверность приведенных сведений, за наличие данных, не подлежащих открытой публикации, и точность информации по цитируемой литературе несут авторы.

Позиция редакции может не совпадать с мнением автора.

Все поступившие в редакцию материалы подлежат рецензированию.

Редакция не вступает в переписку с авторами статей, получившими мотивированный отказ в опубликовании.

Материалы, переданные в редакцию, не возвращаются.

Требования к оформлению статей размещены на сайте www.instel.ru.

Учредитель

АО «ЦНИИ «Электроника»

Издатель

АО «ЦНИИ «Электроника»

Генеральный директор, главный редактор

Алена Фомина
instel@instel.ru
 +7 (495) 940-65-00

Руководитель издательского отдела

Полина Корсунская
korsunskaya_p@instel.ru
 +7 (495) 940-65-24

Выпускающий редактор

Галина Романова
publish@instel.ru
 +7 (495) 940-65-24

Реклама

Михаил Фельдман
feldman_m@instel.ru
 +7 (495) 940-65-24

Распространение и подписка

Вероника Филиппова
filippova_v@instel.ru
 +7 (495) 940-65-46

Корректор

Юлия Никулина

Компьютерная верстка

Григорий Арифудиан

Адрес редакции

127299, г. Москва,
 ул. Космонавта Волкова, д. 12
 +7 (495) 940-65-00
www.instel.ru
instel@instel.ru

Подписка

В редакции
publish@instel.ru
 +7 (495) 940-65-46

Агентство «Роспечать»
 Индекс **84529**
 (каталог «Газеты. Журналы»)
 Индекс **59981**
 (каталог «Научно-технические издания»)

Агентство «Урал-Пресс»
www.ural-press.ru
 +7 (495) 961-23-62

Подписано в печать 28.06.2018.

Отпечатано в ООО «РА «Фора-профит Медиа»».

Voprosy radioelektroniki

(Questions of radio
electronics)

SCIENTIFIC JOURNAL PUBLISHED FROM 1959

General technical series
VOLUME 5

The journal is registered at the Federal Service for Compliance with the Law in Mass Communications and Cultural Heritage Protection (Certificate PI № FS77-31114 of February 15th, 2008).

The journal is included into the List of periodicals recommended by the State commission for academic degrees and titles for publishing of dissertation research results.

This journal is included in Russian Science Citation Index (RSCI).

EDITOR-IN-CHIEF

A. V. Fomina, Doctor of Economics, Associate Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Military Sciences

EDITORIAL COUNCIL

G. V. Antsev, Candidate of Engineering, Associate Professor (Radar mms)
V. M. Balashov, Doctor of Engineering, Professor (Radar mms)
Y. V. Besel, Doctor of Engineering, Professor (Concern PVO Almaz-Antei)
A. I. Belous, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering, Professor (Joint Stock Company INTEGRAL)
A. B. Blyakhman, Doctor of Engineering, Professor (NNIIRT)
M. M. Butaev, Doctor of Engineering, Professor (NPP Rubin)
N. Y. Zhiburtovich, Doctor of Engineering, Professor (PHAZOTRON-NIIR)
N. N. Ivanov, Doctor of Engineering (Public Joint Stock Company Avangard)
A. V. Kiselev, Doctor of Engineering, Professor (Novosibirsk State Technical University)
V. E. Krasovskiy, Candidate of Engineering, Professor (The Institute of Electronic Control Computers named after I. S. Bruk)
A. V. Lyukhin, Candidate of Engineering (MAK Vympel)
V. P. Martynov, Doctor of Engineering, Professor (Analytical Center at the Ministry of Education and Science of the Russian Federation)
N. A. Makhutov, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering, Professor (Russian Academy of Sciences)
N. L. Prokhorov, Doctor of Engineering, Professor (The Institute of Electronic Control Computers named after I. S. Bruk)
S. A. Prokhorov, Doctor of Engineering, Professor (Samara University)
V. I. Sergeev, Doctor of Engineering, Associate Professor (Voronezh Design Bureau Antenna Feeders)
P. I. Smirnov, Candidate of Engineering (Scientific Research Institute Mashtab)
S. A. Sorokin, Candidate of Engineering (Scientific Research Institute of Computer Science named after M. A. Karzev)
A. F. Strakhov, Doctor of Engineering, Professor (Head center maintenance and repair Granite)
V. F. Khvatov, Doctor of Engineering (State Technical Supervision Body of Leningrad Region)
S. V. Khokhlov (Radio electronics Department of the Ministry of industry and trade of the Russian Federation)
V. I. Shteinberg, Candidate of Engineering (Research Institute «Argon»)

Full or partial reproduction of materials is allowed only with the written permission of the Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics».

At a reprint of materials the link on journal «Questions of radio electronics» is mandatory.

Advertisers are responsible for the content of advertisements.

Authors are responsible for reliable information, for the availability of data are not subject to open publication, and accuracy of information on the cited literature.

The editorial standpoint may not correspond with authors' opinions.

All incoming manuscripts are subject to review.

Editors do not correspond with authors, whose articles are considered unsuitable for the publication. Materials sent to the editor will not be returned.

Founder

Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics»

Publisher

Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics»

General director, Editor-in-Chief

Alena Fomina
instel@instel.ru
+7 (495) 940-65-00

Head of publish department

Polina Korsunskaya
korsunskaya_p@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Managing editor

Galina Romanova
publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Advertise

Mikhail Feldman
feldman_m@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Distribution and subscribe

Veronika Filippova
filippova_v@instel.ru
+7 (495) 940-65-46

Proofreader

Yuliya Nikulina

Design

Grigoriy Arifulin

Editorial office

Kosmonavta Volkova st., 12,
Moscow, Russian Federation,
127299
+7 (495) 940-65-00
www.instel.ru
instel@instel.ru

Subscribe

publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-46

Signed to print 28.06.2018.

Printed in Fora-profit Media.

Вопросы радиоэлектроники

СОДЕРЖАНИЕ

Радиоэлектроника космического назначения.....	5	ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	
РАДИОНАВИГАЦИЯ		Горбунов А. В., Жуков Ю. А., Коротков Е. Б., Леканов А. В., Порпылев В. Г., Слободзян Н. С. Автономная система обеспечения теплового режима электронных блоков космических аппаратов.....	72
Бабуров В. И., Иванцевич Н. В., Саута О. И. Метод дифференциальной коррекции навигационного поля систем ближней навигации на основе спутниковых измерений ГЛОНАСС.....	6	Кочин Л. Б., Страхов С. Ю., Матвеев С. А. Особенности работы беспроводного канала передачи энергии в динамическом режиме.....	79
Бабуров В. И., Васильева Н. В., Иванцевич Н. В. Перспективы совместного использования навигационных полей ГЛОНАСС и псевдоспутников для навигации и посадки самолетов в Арктике.....	13	Колычев А. В., Керножицкий В. А., Левихин А. А. О материалах термомиссионной системы охлаждения источников электроэнергии радиоэлектронных систем космических аппаратов.....	89
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ		Колычев А. В., Керножицкий В. А., Юнаков Л. П. Гидродинамический термомиссионный источник энергообеспечения радиоэлектронных систем космических аппаратов.....	96
Толпегин О. А., Махонин И. О. Наведение беспилотного летательного аппарата на посадочное устройство судна с использованием траектории поводыря.....	18	Джукич Д. Й., Жуков Ю. А., Коротков Е. Б., Мороз А. В., Слободзян Н. С. Цифровое управление гексаподом на основе обратной модели динамики с реализацией на радиационно стойком ARM-микроконтроллере.....	103
Махонин И. О. Область начальных положений беспилотного летательного аппарата в трехмерном пространстве.....	24	Горбунов А. В., Коротков Е. Б., Леканов А. В., Матвеев С. А., Слободзян Н. С., Яковенко Н. Г. Опыт разработки системы управления механизмами с параллельной структурой типа «гексапод» для позиционирования и наведения крупногабаритных объектов информационных космических платформ.....	111
ИЗМЕРЕНИЯ. ИСПЫТАНИЯ. КОНТРОЛЬ		ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ	
Алешкин А. П., Макаров А. А., Матасов Ю. Ф. Новые результаты в редуцированном оценивании с систематическими погрешностями в измерениях и их применение для формирования групповой шкалы времени.....	30	Петров Ю. В., Бакарас С. И., Юхно С. А. Определение координат источников радиоизлучения методом «мнимой базы» при использовании линейной модели.....	124
Горбунов А. В., Желтышев О. И., Яковенко Н. Г. Модальный анализ линейного привода.....	38	Петров Ю. В., Гармаш В. Н., Коробочкин Д. М. Обнаружение осадков и определение уровня их интенсивности по изображениям, формируемым системой улучшенного видения бортового радиоэлектронного комплекса обеспечения поисково-спасательных операций.....	131
Ильин М. Ю., Ким А. А., Разуваева И. С., Сотникова Н. В. Радиофотонная многопетлевая линия задержки для контроля и поверки технических параметров доплеровского радиолокатора.....	44	Гармаш В. Н., Коробочкин Д. М., Матвеев С. А., Петров Ю. В., Рудыка С. А., Сухов Т. М. Комплексирование информации от разнородных источников в бортовых комплексах обеспечения поисково-спасательных операций.....	139
Страхов С. Ю., Карасев А. А., Сотникова Н. В. Формализация и построение сетевой модели испытаний радиоэлектронной бортовой аппаратуры космического аппарата с помощью сетей Петри.....	51	Митюшов А. И., Карпов С. А., Крылов В. А. Особенности математического описания случайных сигналов с тремя уровнями квантования.....	147
НАДЕЖНОСТЬ		ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....	155
Архипова И. В. Оценка показателей надежности электронной компонентной базы иностранного производства по результатам испытаний малых выборок.....	59		
Архипова И. В. Оценка надежности пьезоэлектрических вакуумных прецизионных резонаторов по результатам накопления и обобщения данных их жизненного цикла.....	65		

CONTENTS

Space radio electronics 5

RADIONAVIGATION

Baburov V. I., Ivantsevich N. V., Sauta O. I.

Method of differential correction of the navigational field of short-range navigation and landing systems with use GLONASS..... 6

Baburov V. I., Vasileva N. V., Ivantsevich N. V.

Navigation sharing prospects GLONASS and pseudolites fields for navigation and landing of aircraft in Arctic..... 13

CONTROL SYSTEMS

Tolpegin O. A., Makhonin I. O.

Guidance of unmanned aerial vehicle on the landing gear of the vessel using the trajectory of a guide dog..... 18

Makhonin I. O.

Area of initial positions of a UAV (unmanned aerial apparatus) in three-dimensional space 24

MEASUREMENTS. TESTING. CONTROL

Aleshkin A. P., Makarov A. A., Matasov Yu. F.

New results in reduced estimation with systematic errors in measurements and their application for the formation of a group time scale 30

Gorbunov A. V., Zheltyshov O. I., Yakovenko N. G.

Modal analysis of linear actuator 38

Ilyin M. Yu., Kim A. A., Razuvaeva I. S., Sotnikova N. V.

Radio-photon multiloop delay line for monitoring and verification of technical parameters of doppler radar system..... 44

Strakhov S. Yu., Karasev A. A., Sotnikova N. V.

Formalization and the construction of a network model of testing of the electronic onboard equipment of the spacecraft with the help of Petri nets..... 51

RELIABILITY

Arkhipova I. V.

The assessment of the reliability of electronic components of foreign production on the results of tests of small samples..... 59

Arkhipova I. V.

Assessment of the reliability of vacuum precision piezoelectric resonators according to the results of the accumulation and compilation of their life cycle..... 65

ELECTRONIC MODULES OF THE SPACECRAFT

Gorbunov A. V., Zhukov Yu. A., Korotkov E. B., Lekanov A. V., Porpylev V. G., Slobodzyan N. S.

Autonomous heat support system of electronic blocks of space appliances 72

Kochin L. B., Strakhov S. Yu., Matveev S. A.

Features of the wireless energy transfer's channel in a dynamic mode..... 79

Kolychev A. V., Kernozhitskiy V. A., Levikhin A. A.

About materials of the thermoemission cooling system of blades of turbines of gas turbine converters of aerospace crafts of radio-electronic remote sensing of the Earth 89

Kolychev A. V., Kernozhitskiy V. A., Unakov L. P.

Hydrodynamic thermoionic source of spacecraft radio-electronic systems power supply 96

Djukic D. J., Zhukov Yu. A., Korotkov E. B., Moroz A. V., Slobodzyan N. S.

Hexapod digital control using the inverse dynamics and its implementation on the radiation-resistant ARM-microcontroller... 103

Gorbunov A. V., Korotkov E. B., Lekanov A. V., Matveev S. A., Slobodzyan N. S., Yakovenko N. G.

Experience of the development of the control system of mechanisms with parallel structure of the type «hexapod» for positioning and introduction of large-sized objects of information space platform..... 111

SIGNALS AND IMAGES PROCESSING

Petrov Yu. V., Bakaras S. I., Yukhno S. A.

Determination of radio sources location by the method of «imaginary base» when using the linear model 124

Petrov Yu. V., Garmash V. N., Korobochkin D. M.

The detection of precipitation and the determination of their intensity level based on images generated by the visible range camera..... 131

Garmash V. N., Korobochkin D. M., Matveev S. A., Petrov Yu. V., Rudyka S. A., Sukhov T. M.

Complexing information from different sources in the on-board systems search and rescue operations..... 139

Mityushov A. I., Karpov S. A., Krylov V. A.

Especially the mathematical description of random signals with three levels of quantization..... 147

RULES FOR SUBMITTING ARTICLES 157



Радиоэлектроника космического назначения

В настоящее время на мировой политической арене сложилась достаточно нестабильная ситуация. Помимо конфликтов в Восточной Европе, подогреваемых североатлантической коалицией, продолжает усугубляться положение на Ближнем Востоке. Важным стратегическим фактором является ухудшение отношений со странами НАТО в части развертывания систем противовоздушной обороны. Один из последних рассмотренных вопросов, принятых к обсуждению Альянсом, – развертывание систем противоракетной обороны в Германии. Данные события заставляют предпринимать дополнительные шаги для обеспечения безопасности нашей страны.

Для решения поставленных задач разрабатываются современные отечественные системы, поступающие на вооружение воздушно-космических сил России. В качестве примера можно привести новые электронные комплексы, имитирующие мишени. Данная аппаратура создает на радарх имитацию различных воздушных целей, а также формирует помехи. Разработанный инновационный комплекс для войск ПВО позволит проводить комплексные тренировки расчетов командных пунктов ПВО

и операторов РЛС в условиях, когда невозможна стрельба по обычным мишеням. Стоит также упомянуть о созданном дежурном радиолокационном поле на малых высотах, способном оперативно обнаруживать низколетящие цели, в том числе дронов. Данное поле уже функционирует над 23 крупнейшими городами России, и уже в ближайшее время подобная система будет функционировать над территорией воздушного пространства арктической зоны Российской Федерации.

Создание и обслуживание подобных комплексов было бы невозможным без должного уровня подготовки инженеров самой высокой квалификации. Для этого в профильных вузах формируются образовательные программы, ориентирующиеся на реальные потребности оборонной промышленности, чему способствуют крепкие связи со всеми ключевыми организациями отрасли. Значительное влияние на качество получаемого образования оказывает вовлеченность специалистов ведущих организаций в учебную деятельность и прохождение производственной практики.

Текущий номер журнала «Вопросы радиоэлектроники» подготовлен совместно с Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. Вуз обладает богатыми традициями в сфере подготовки специалистов для оборонно-промышленного комплекса и ракетно-космической отрасли, и в прошлом году он отметил 85-летний юбилей. Студенты и специалисты БГТУ «ВОЕНМЕХ» задействованы в исследованиях радиоэлектронных управляющих систем, автоматизированных устройств для изучения труднодоступных территорий, а также в создании оборудования и программного обеспечения для новейшей военной техники. Их разработки преимущественно создаются на основе отечественных деталей и компонентов вместо зарубежных аналогов. Здесь у будущих работников отрасли существует возможность изучать структуру и устройство спутника ГЛОНАСС: в одном из учебных кабинетов установлена точная копия оборудования, работающего на космической орбите. Интересно, что в число разработчиков известной отечественной навигационной системы входит и выпускник БГТУ «ВОЕНМЕХ» Николай Тестоедов.

*А.В. Фомина,
доктор экономических наук,
главный редактор журнала
«Вопросы радиоэлектроники»*

Для цитирования: Бабуров В. И., Иванцевич Н. В., Саута О. И. Метод дифференциальной коррекции навигационного поля систем ближней навигации на основе спутниковых измерений ГЛОНАСС // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 6–12. DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-6-12
УДК 621.391.26:621.396.96

В. И. Бабуров¹, Н. В. Иванцевич^{1, 2}, О. И. Саута¹

¹ АО «НАВИГАТОР», ² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

МЕТОД ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ НАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ НАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГЛОНАСС

Современные требования Международной организации гражданской авиации (ИКАО) к точности и надежности определения местоположения летательных аппаратов (ЛА) различных типов, особенно при полетах в районе аэродрома, приводят к необходимости гармонизации (выравнивания) точностных характеристик различных радиотехнических систем для возможности использования любой из них при выполнении полета. Точность определения координат ЛА с использованием стандартных режимов ГНСС составляет единицы метров, а в дифференциальных режимах может достигать сантиметров. В то же время погрешности определения координат по традиционным аэронавигационным системам ближней навигации и посадки (VOR/DME, РСБН, ILS), особенно вдали от наземных радиомаяков, значительно больше погрешностей ГНСС и могут составлять десятки и сотни метров. В статье изложены методические подходы к повышению точностных характеристик радионавигационных полей систем ближней навигации и посадки на основе идеологии дифференциальной коррекции и технологий ГЛОНАСС. Предложенный метод формирования матрицы погрешностей навигационного поля систем ближней навигации и посадки проиллюстрирован на примере коррекции аномальной погрешности поля системы инструментальной посадки типа ILS.

Ключевые слова: навигационное поле, радионавигационная система, дифференциальная коррекция, ГЛОНАСС.

Для цитирования: Бабуров В. И., Васильева Н. В., Иванцевич Н. В. Перспективы совместного использования навигационных полей ГЛОНАСС и псевдоспутников для навигации и посадки самолетов в Арктике // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 13–17.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-13-17
УДК 621.391.26:621.396.96

В. И. Бабуров¹, Н. В. Васильева¹, Н. В. Иванцевич^{1, 2}

¹ АО «Навигатор», ² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ГЛОНАСС И ПСЕВДОСПУТНИКОВ ДЛЯ НАВИГАЦИИ И ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ В АРКТИКЕ

При выполнении программ дальнейшего освоения Арктики актуальна задача навигационного обеспечения ЛА на всех этапах полета, включая и режим посадки. С учетом того, что навигационные системы с наземным базированием имеют ограниченные зоны действия, не покрывающие арктический регион, и значительно уступают в точности спутниковым радионавигационным системам (СРНС), применение навигационной аппаратуры потребителей (НАП) СРНС для навигации и посадки ЛА является перспективным. Особенности функционирования НАП СРНС в Арктике обусловлены особыми свойствами арктических трасс, наличием значительных отражений радиосигналов от подстилающей поверхности. Погрешности многолучевости имеют наибольшее значение при малых углах возвышения навигационных ИСЗ. Если из обработки в НАП исключить самые низкие спутники, сохраняя при этом возможность проведения навигационных определений с приемлемой точностью, то можно улучшить не только интегральные показатели точности навигационных определений, но и доступность. Анализируются состав и точностные характеристики рабочих созвездий СРНС ГЛОНАСС и ГЛОНАСС, дополненной псевдоспутниками, в Арктическом регионе России. Исследования выполнены методом имитационного математического моделирования. Установлена значительная избыточность таких созвездий. Исследована возможность использования этого фактора для уменьшения влияния многолучевости путем формирования управляемых рабочих созвездий в авиационном бортовом навигационно-посадочном комплексе.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, псевдоспутники, навигация, посадка, Арктика, моделирование.

О. А. Толпегин¹, И. О. Махонин¹

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

НАВЕДЕНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ПОСАДОЧНОЕ УСТРОЙСТВО СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАЕКТОРИИ ПОВОДЫРЯ

Рассмотрена задача наведения беспилотного летательного аппарата на посадочное устройство судна за заданное время с заданными терминальными условиями. Задача решается в два этапа. На первом этапе в результате решения задачи расчета оптимального программного управления при выполнении заданных терминальных условий определяется траектория поводыря, которая вычисляется без учета инерционности летательного аппарата и системы управления. При этом определяется оптимальная программа изменения угла тангажа, как сумма оптимального изменения угла атаки и угла наклона вектора скорости, а также оптимальная программа изменения тяги винта электродвигателя. На втором этапе полученные программы используются для управления инерционным летательным аппаратом, а за счет выбора параметров контура стабилизации угла тангажа обеспечивается выведение на траекторию поводыря с заданными терминальными условиями. Приводится контрольный пример.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, траектория движения поводыря, выведение на траекторию движения поводыря.

И. О. Махонин¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ОБЛАСТЬ НАЧАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

При посадке беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на судно требуется выполнение заданных граничных значений вектора состояния в момент подлета к зацепному устройству. В статье рассмотрено решение задачи о расчете точек области начальных положений (ОНП) БПЛА, из которой БПЛА может попасть в заданный момент времени в заданную область прицеливания, расположенную на судне в районе нахождения зацепного устройства. При этом фазовые координаты БПЛА в момент подлета к зацепному устройству должны иметь заданные значения. Для расчета точек, расположенных на границе ОНП, решаются вспомогательные задачи оптимального программного управления. Для их решения используются необходимые условия принципа максимума Л. С. Понтрягина. В статье рассмотрен алгоритм численного решения вспомогательной задачи оптимального программного управления и результаты расчета точек, расположенных на дальней границе ОНП, то есть точек, расположенных на максимальном удалении от точки прицеливания (точки нахождения зацепного устройства).

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, область начальных положений, расчет точек на границе области начальных положений с использованием принципа максимума.

Для цитирования: Алешкин А. П., Макаров А. А., Матасов Ю. Ф. Новые результаты в редуцированном оценивании с систематическими погрешностями в измерениях и их применение для формирования групповой шкалы времени // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 30–37.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-30-37
УДК 006.924.4

А. П. Алешкин¹, А. А. Макаров¹, Ю. Ф. Матасов¹

¹ Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В РЕДУЦИРОВАННОМ ОЦЕНИВАНИИ С СИСТЕМАТИЧЕСКИМИ ПОГРЕШНОСТЯМИ В ИЗМЕРЕНИЯХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУППОВОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ

В статье рассмотрены особенности поведения редуцированных скалярных оценок при наличии в данных наблюдений систематических погрешностей. Предложены процедуры с иным способом формирования коэффициента редукции. Рассмотрен квазиоптимальный вариант формирования параметра сжатия. Представлены результаты моделирования для различных условий применения предложенных алгоритмов. В настоящее время одним из способов повышения точности формирования временной шкалы при решении задач частотно-временного обеспечения потребителей является усреднение показаний нескольких генераторов. Вместе с тем этот подход, как показано, в теории статистического оценивания оказывается эффективным для парирования случайной составляющей погрешности оцениваемого процесса. Однако для частотных генераторов случайная погрешность может быть результативно скомпенсирована на продолжительном интервале наблюдений, а вот систематическая составляющая – дрейф частоты – представляет серьезную проблему, устранить которую усреднением возможно лишь при соблюдении определенных условий. Поэтому в статье предлагается вариант редуцированной оценки, эффективной, как показано, для парирования ухода шкалы времени путем внесения смещения при реализации сжатия, определенного процедурой редукции. Рассматриваются условия, в которых степень достигаемого положительного эффекта имеет практический смысл.

Ключевые слова: шкала времени, синхронизация, смещенные оценки, коэффициент редукции, систематические погрешности.

А. В. Горбунов¹, О. И. Желтышев¹, Н. Г. Яковенко¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОГО ПРИВОДА*

Рассмотрен вопрос проверки линейного привода на устойчивость к возникновению резонанса в составе механизма прецизионного позиционирования космического назначения – гексапода, при выводе его на околоземную орбиту. Расчет значений собственных частот конструкции проведен методом конечных элементов с помощью САПР. Представлено применение модального анализа конструктивных элементов на примере корпуса линейного привода для оценки устойчивости к резонансу как одного из критериев при выборе материала. Приведены сравнительные результаты модального анализа для вариантов изготовления корпуса линейного привода. Проведен модальный анализ линейного привода, представлены расчетные частоты и формы собственных колебаний. Получены исходные данные для гармонического анализа линейного привода. Подтверждено соответствие разработанного линейного привода заданным требованиям.

Ключевые слова: линейный привод, модальный анализ, частота собственных колебаний.

* Работа проведена в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 (Проект 218) в рамках НИОКТР, выполняемой при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор от 01.12.2015 № 02. G25.31.0160). Работы выполняются в организации Головного исполнителя НИОКТР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова.

Для цитирования: Ильин М. Ю., Ким А. А., Разуваева И. С., Сотникова Н. В. Радиофотонная многопетлевая линия задержки для контроля и поверки технических параметров доплеровского радиолокатора // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 44–50.
DOI 10.21778/2218-5453-201-7-44-50
УДК 621.3.09

М. Ю. Ильин¹, А. А. Ким², И. С. Разуваева², Н. В. Сотникова²

¹ АО «Лазерные системы», ² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

РАДИОФОТОННАЯ МНОГОПЕТЛЕВАЯ ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ПОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОПЛЕРОВСКОГО РАДИОЛОКАТОРА

Одной из актуальных проблем при разработке доплеровских метеорологических радаров является контроль их технических параметров. Особенно это касается разработки эталонов трассы зондирования и имитации на ней доплеровских смещений несущих частот радиолокатора, что является трудновыполнимой и экономически невыгодной задачей. В статье рассматривается возможность измерения и контроля технических параметров метеорологических доплеровских радаров при помощи радиофотонной имитационной многопетлевой линии временной задержки, реализованной на оптическом волокне. Предлагается способ контроля дальности, пространственного разрешения, слепой зоны, чувствительности приемника, а также точности определения скорости ветра по лучу на основе данных, полученных в результате разработки прототипа поверочного стенда для метрологического контроля лазерных метеорологических локаторов. Предложены методики поверки эталонов трассы и доплеровских смещений в радиофотонной имитационной многопетлевой линии временной задержки.

Ключевые слова: волоконно-оптическая линия задержки, радиофотоника, электрооптический модулятор, измерение времени задержки, доплеровский радиолокатор.

Для цитирования: Страхов С. Ю., Карасев А. А., Сотникова Н. В. Формализация и построение сетевой модели испытаний радиоэлектронной бортовой аппаратуры космического аппарата с помощью сетей Петри // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 51–58.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-51-58
УДК 629.78.05

С. Ю. Страхов¹, А. А. Карасев¹, Н. В. Сотникова¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Рассматривается вопрос создания и применения формальных моделей в виде разновидностей сетей Петри к процессу автоматизированных электрических испытаний автоматического космического аппарата (АКА). В настоящее время к автоматическим космическим аппаратам предъявляется требование длительного срока активного существования. Это подразумевает использование современных радиоэлектронных компонентов, стойких к ионизирующему излучению и другим внешним воздействующим факторам космического пространства. Радиоэлектронная аппаратура (РЭА), состоящая из этих компонентов, образует информационные сети на борту АКА, по которым идет интенсивный обмен информацией между абонентами. Для подтверждения исправности АКА необходимо проводить комплексные электрические проверки функционирования бортовых приборов и систем таких сетей в автоматизированном режиме в заводских условиях с максимальной имитацией полета в космическом пространстве. Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА и контрольно-проверочной аппаратуре, взаимодействующей с ней, представляет отдельный интерес, так как позволяет по полученным данным анализа модели разрабатывать методики автоматизированных проверок.

Ключевые слова: электрические испытания, электронная компонентная база, автоматизированный испытательный комплекс, сети Петри, бортовой специальный комплекс, космический аппарат.

Для цитирования: Архипова И. В. Оценка показателей надежности электронной компонентной базы иностранного производства по результатам испытаний малых выборок // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 59–64. DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-59-64
УДК 620.169.2

И. В. Архипова¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ МАЛЫХ ВЫБОРОК

В рамках данной статьи рассматривается вопрос оценки надежности электронной компонентной базы (ЭКБ) иностранного производства (ИП), применяемой в составе радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) космических аппаратов (КА). Надежность РЭА КА напрямую зависит от надежности применяемой в ее составе ЭКБ. К настоящему моменту требования к гамма-процентной наработке ЭКБ комплектующей РЭА КА достигают 150 000 часов при стандартном значении $\gamma = 95\%$. Подтверждение подобных требований возможно только в случае испытания больших выборок в течение длительного времени, что влечет за собой внушительные экономические затраты. Это неизбежно приводит к необходимости использовать и развивать новые идеи и методы теории надежности. В данной статье для подтверждения требований, предъявляемых к ЭКБ в части надежности, предложено обобщать расчетную оценку и данные, полученные по результатам ускоренных испытаний на безотказность, на основании теоремы Байеса. В результате проведенного исследования были определены значения интенсивностей отказов (ИО) ЭКБ ИП, а также рассмотрена возможность повышения значения вероятности безотказной работы (ВБР) γ до значения 99%, при сохранении требований, предъявляемых к гамма-процентной наработке до отказа ЭКБ ИП, комплектующей РЭА КА.

Ключевые слова: показатели надежности, электронная компонентная база, малые выборки, ускоренные испытания, байесовская методология.

Для цитирования: Архипова И. В. Оценка надежности пьезоэлектрических вакуумных прецизионных резонаторов по результатам накопления и обобщения данных их жизненного цикла // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 65–71. DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-65-71
УДК 620.169.2

И. В. Архипова¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВАКУУМНЫХ ПРЕЦИЗИОННЫХ РЕЗОНАТОРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАКОПЛЕНИЯ И ОБОБЩЕНИЯ ДАННЫХ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В рамках данной статьи рассматривается вопрос оценки надежности резонаторов с жесткими требованиями к эксплуатационным характеристикам по стойкости к воздействию внешних факторов. В связи с увеличением требований, предъявляемых к данным изделиям в части гамма-процентной наработки и гамма-процентного срока сохраняемости, возникает необходимость развивать новые идеи и методы теории надежности. В качестве методической основы для обобщения данных их жизненного цикла предложен подход на основании теоремы Байеса. По результатам обобщения статистики испытаний резонаторов на различные виды климатических воздействий и испытаний на надежность, а также результатов их эксплуатации в составе радиоэлектронной аппаратуры были определены их основные показатели надежности.

Ключевые слова: надежность, электронная компонентная база (ЭКБ), байесовская методология, статистика испытаний, статистика эксплуатации.

Для цитирования: Горбунов А. В., Жуков Ю. А., Коротков Е. Б., Леканов А. В., Порпылев В. Г., Слободзян Н. С. Автономная система обеспечения теплового режима электронных блоков космических аппаратов // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 72–78.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-72-78.
УДК 629.78

**А. В. Горбунов¹, Ю. А. Жуков¹, Е. Б. Коротков¹, А. В. Леканов²,
В. Г. Порпылев², Н. С. Слободзян¹**

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,

² АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ*

подавляющее большинство бортовых электронных приборов отечественных космических аппаратов размещается на термостатированных посадочных поверхностях КА, однако при некоторых задачах возникает необходимость разместить отдельные электронные блоки вне термостатированных панелей на удаленных конструкциях КА. В статье представлена автономная система обеспечения теплового режима электронных блоков (СОТР) космических аппаратов (КА) и объектов космической техники, требующих поддержания рабочей температуры и не имеющих возможности установки на термостатируемые посадочные поверхности космических аппаратов. Предлагаемая СОТР может автономно функционировать в расширенном рабочем диапазоне температур поверхности установки от -80 до $+80$ °С при изменении напряжения питания в диапазоне от 75 до 550% от номинального значения. Представлен обзор существующих решений, дано обоснование предлагаемого решения, приведена структурная схема СОТР и дано ее описание и пример применения.

Ключевые слова: космический аппарат, электронный блок, система обеспечения теплового режима, термостатируемая поверхность, расширенный диапазон температуры, механизмы с параллельной структурой, гексапод.

* Описанная система разработана в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова в рамках НИОКТР, выполненной при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор от 01.12.2015 № 02. G25.31.0160).

Для цитирования: Кочин Л. Б., Страхов С. Ю., Матвеев С. А. Особенности работы беспроводного канала передачи энергии в динамическом режиме // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 79–88.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-79-88
УДК 621.396

Л. Б. Кочин¹, С. Ю. Страхов¹, С. А. Матвеев¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ*

Статья посвящена вопросам беспроводной передачи энергии с помощью лазерного излучения к удаленным потребителям, что является весьма актуальным для ряда практических приложений. Рассмотрен динамический режим работы лазерного беспроводного канала передачи энергии. Предложена математическая модель, описывающая динамический режим работы такой системы. Исследовано влияние оконечной нагрузки на динамические процессы в канале. Проанализированы факторы, влияющие на эффективность передачи энергии и обуславливающие увеличение КПД канала, в частности: параметры оптических элементов – линз коллиматоров и расширителей пучка, точность юстировки оптической схемы, равномерность засветки фотоприемных модулей. Показано, что в импульсном режиме эффективность передачи энергии импульса зависит также от импеданса нагрузки, наличие паразитных реактивностей приводит к росту амплитуды осцилляций и снижает КПД канала. В статье приведено описание экспериментальной установки, экспериментальные результаты и их анализ.

Ключевые слова: беспроводная передача энергии, динамический режим, лазерный канал, импульсный лазер, фотоприемник.

* Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (тема «Разработка беспроводной системы управления формой крупногабаритных трансформируемых наземных и космических конструкций с применением прецизионных приводов», Соглашение № 14.574.21.0165 от 26 сентября 2017 г., уникальный идентификатор проекта RFMEFI57417X0165). Работы выполнены в ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова на оборудовании Центров коллективного пользования (ЦКП) – Центра радиотехнических и оптических измерений и Центра инновационных технологий.

Для цитирования: Колычев А. В., Керножицкий В. А., Левихин А. А. О материалах термоэмиссионной системы охлаждения источников электроэнергии радиоэлектронных систем космических аппаратов // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 89–95.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-89-95
УДК 629.785

А. В. Колычев¹, В. А. Керножицкий¹, А. А. Левихин¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

О МАТЕРИАЛАХ ТЕРМОЭМИССИОННОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В настоящей статье приведены расчетные оценки эффекта от применения разрабатываемого в БГТУ «ВОЕНМЕХ» термоэмиссионного способа охлаждения (ТСО) лопаток турбин (ЛТ) газотурбинных преобразователей (ГП) космических летательных аппаратов (КЛА) радиоэлектронного дистанционного зондирования Земли. Актуальность разработки ТСО подтверждается тем, что сейчас в РФ ведется разработка платформы КЛА с энергетической установкой, в основу которого положен принцип газотурбинного преобразования. Однако из-за низкой надежности его основных элементов – лопаток турбин – в рабочих условиях приходится снижать температуру в установке, что снижает КПД и увеличивает массу и габариты КА в целом. Это означает, что с учетом возможностей современных средств выведения сокращаются возможности по оснащению КА радиоэлектронной аппаратурой и снижаются характеристики КЛА с радиоаппаратурой в целом. Для улучшения этих характеристик необходимо повышение надежности лопаток турбин и повышение на данной основе температуры ГП, его КПД с одновременным снижением массы и габаритов. Но в данном случае предполагается, что лопатки турбины будут выполнены из керамических материалов, функционирующих в среде инертных газов, нагретых от бортового источника тепловой энергии. Одной из проблем при этом является возникновение температурных градиентов, напряжений и деформаций, что может привести к возникновению трещин. Однако если выполнить керамические лопатки из металлоподобных соединений (бориды, карбиды, сплавы боридов и карбидов) с применением ТСО, то появляется возможность существенного (более чем в два раза) снижения как температуры ЛТ, так и температурных перепадов и напряжений в конструкции ЛТ. В статье также показано, что снижение температурных напряжений в конструкции горячих элементов при эквивалентной тепловой нагрузке достигается за счет фундаментальных свойств термоэлектронной эмиссии, а именно благодаря зависимости интенсивности термоэлектронной эмиссии и электронного охлаждения от температуры.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, термоэмиссионная система охлаждения лопаток турбин, газотурбинные преобразователи, космические летательные аппараты.

А. В. Кольчев¹, В. А. Керножицкий¹, Л. П. Юнаков¹

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ТЕРМОЭМИССИОННЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Актуальной проблемой современной техники является обеспечение электроэнергией радиоэлектронных систем дистанционного зондирования Земли космических аппаратов и комплексов, функционирующих в сложных погодных условиях, например, в Арктике или в случае чрезвычайной ситуации, когда необходимо подать сигнал «о необходимости помощи». В настоящей статье приведены сведения о разрабатываемом в БГТУ «ВОЕНМЕХ» гидродинамическом термоэмиссионном преобразователе (ГИТЭП), а также о варианте его лабораторного образца (ЛО). Устройство ГИТЭП заключается в том, что в активной зоне ГИТЭП организуется течение потоков слабоионизированной плазмы (ВПИГ) с высокими скоростями (0,5–7 км/с и выше). Это позволяет располагать рабочие поверхности катода и анода ГИТЭП на расстояниях, много больше характерных для классических ТЭП величин в 0,3–0,5 мм. Таким образом повышается надежность ГИТЭП за счет отсутствия необходимости поддержания малого зазора и сведения к минимуму негативных последствий изменения формы активной поверхности катода. Лабораторный образец предназначен для проведения комплексных экспериментальных исследований устройства ГИТЭП для двух видов рабочих тел – продуктов сгорания органического топлива и инертных газов с добавками щелочных металлов. Результаты настоящего исследования нашли свое отражение при выполнении работ по теме «Гексапод», проводимой в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова. Областью применения таких преобразователей являются автономные источники питания арктических транспортных средств, функционирующих на основе органического топлива и космических аппаратов радиоэлектронного дистанционного зондирования Земли со сверхдлительным сроком эксплуатации.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, гидродинамический термоэмиссионный преобразователь, высокоскоростные потоки слабо ионизированной плазмы.

Для цитирования: Джукич Д. Й., Жуков Ю. А., Коротков Е. Б., Мороз А. В., Слободзян Н. С. Цифровое управление гексаподом на основе обратной модели динамики с реализацией на радиационно стойком ARM-микроконтроллере // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 103–110.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-103-110
УДК 681.5

**Д. Й. Джукич¹, Ю. А. Жуков¹, Е. Б. Коротков¹, А. В. Мороз¹,
Н. С. Слободзян¹**

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕКСАПОДОМ НА ОСНОВЕ ОБРАТНОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА РАДИАЦИОННО СТОЙКОМ ARM-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ*

Данные исследования являются частью актуальных работ, проводимых БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проектированию и созданию прецизионного механизма с параллельной кинематикой типа «гексапод». В современных разработках систем управления роботами наиболее популярен подход к регулированию, основанный на обратной модели динамики. В настоящей статье исследуется качество управления и реализуемость указанного подхода в системе управления гексаподом на основе отечественного радиационно стойкого микроконтроллера. Дано математическое описание модели динамики гексапода и алгоритма управления. Описывается модель цифровой системы управления, реализованной в среде MATLAB Simulink. Получены оценки качества регулирования гексаподом в контурном режиме управления. Оценивается программная реализация алгоритма управления в операционной системе реального времени Keil RTX на языке программирования C++. Определяется период квантования, необходимый для воплощения исследуемого алгоритма.

Ключевые слова: гексапод, платформа Стюарта, модель динамики гексапода, обратная модель динамики, динамическое управление, микроконтроллер.

* Настоящая работа проведена в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218. НИОКТР выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор от 01.12.2015 № 02.G25.31.0160). Работы ведутся в организации Головного исполнителя НИОКТР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова.

Для цитирования: Горбунов А. В., Коротков Е. Б., Леканов А. В., Матвеев С. А., Слободзян Н. С., Яковенко Н. Г.
Опыт разработки системы управления механизмами с параллельной структурой типа «гексапод»
для позиционирования и наведения крупногабаритных объектов информационных космических платформ //
Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 111–123.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-111-123
УДК 681.5

**А. В. Горбунов¹, Е. Б. Коротков¹, А. В. Леканов², С. А. Матвеев¹,
Н. С. Слободзян¹, Н. Г. Яковенко¹**

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,

² АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева»

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ ТИПА «ГЕКСАПОД» ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И НАВЕДЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ*

Рассмотрены вопросы проектирования системы управления гексапода – механизма с параллельной кинематикой, предназначенного для наведения и позиционирования приборов и антенн орбитальных спутниковых платформ. На основании решения расширенной задачи кинематики уточнен алгоритм управления линейными приводами с кинематической парой винт-гайка и с двумя двухосевыми шарнирами. Приведена схема управления гексаподом с пространственным датчиком положения нагрузки, дается оценка реализуемости алгоритмов позиционного управления на основе современной отечественной элементной базы. Оценка производится методом математического моделирования. Предложен алгоритм адаптивного нейросетевого управления гексаподом. Разработана искусственная нейронная сеть (ANN), которая совместно с нелинейным регулятором по ошибке управления формирует силу, воздействующую на линейные приводы. Для оценки качества управления гексаподом в пакете математического моделирования SimMechanics системы MATLAB Simulink создана динамическая модель системы управления гексаподом. Дано описание аппаратной части цифровой системы управления – блока управления гексаподом (БУГ).

Ключевые слова: механизм с параллельной структурой, гексапод, линейный привод, вентильный двигатель, передача винт-гайка, прямая и обратная задачи кинематики и динамики гексапода, цифровая система управления, электронный модуль управления, ARM-процессор, шаговый двигатель, инвертор, нейросетевое адаптивное управление, моделирование в среде MATLAB.

* Работа проведена в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова и АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева» в рамках НИОКТР, выполненной при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор от 01.12.2015 № 02.G25.31.0160).

Для цитирования: Петров Ю. В., Бакарас С. И., Юхно С. А. Определение координат источников радиоизлучения методом «мнимой базы» при использовании линейной модели // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 124–130. DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-124-130
УДК 621.396.969.1

Ю. В. Петров¹, С. И. Бакарас¹, С. А. Юхно¹

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ «МНИМОЙ БАЗЫ» ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ

В статье рассмотрен способ определения дальности до источника радиоизлучения (ИРИ) методом «мнимой базы» при использовании линейной модели изменения пеленгов на него. В нем при решении триангуляционной задачи одним пассивным пеленгатором используются не только измерения пеленгов на ИРИ, но и их экстраполированные на некоторый интервал времени значения. Показано, что потенциальные характеристики способа определяются точностным, динамическим и геометрическим факторами, а также временем измерения пеленгов на ИРИ и временем экстраполяции. Сделан вывод, что при использовании линейной модели есть ограничения как на время измерения пеленгов на ИРИ, так и на время экстраполяции. Показано, что экстраполяция на большие интервалы времени возможна только при больших расстояниях до ИРИ и относительно небольшой скорости движения ЛА.

Ключевые слова: *пеленгация, пассивная локация, источник радиоизлучения, определение местоположения, триангуляция, «мнимая база».*

Для цитирования: Петров Ю. В., Гармаш В. Н., Коробочкин Д. М. Обнаружение осадков и определение уровня их интенсивности по изображениям, формируемым системой улучшенного видения бортового радиоэлектронного комплекса обеспечения поисково-спасательных операций // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 131–138. DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-131-138 УДК 004.932.2

Ю. В. Петров¹, В. Н. Гармаш², Д. М. Коробочкин³

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, ² АО «Заслон»,
³ ООО «Ситимап»

ОБНАРУЖЕНИЕ ОСАДКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ИХ ИНТЕНСИВНОСТИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ, ФОРМИРУЕМЫМ СИСТЕМОЙ УЛУЧШЕННОГО ВИДЕНИЯ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО- СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ*

В статье предлагается способ автоматического обнаружения осадков и оценки их интенсивности по изображениям, формируемым системой улучшенного видения бортового радиоэлектронного комплекса обеспечения поисково-спасательных операций. Благодаря возможности определения интенсивности осадков по одному изображению, а также за счет уменьшения количества операций свертки и умножения, характерных для известных аналогичных способов, предлагаемый способ обладает меньшей вычислительной сложностью и может применяться на подвижных носителях в режиме реального времени. Результат достигается путем использования таких методов цифровой обработки изображений, как построение ориентированной гистограммы градиентов, цифровая фильтрация, дискретная свертка, вейвлет-анализ. Использование предложенного способа в составе бортового радиоэлектронного комплекса обеспечения поисково-спасательных операций позволит повысить ситуационную информированность экипажа на различных этапах полета воздушного судна.

Ключевые слова: обнаружение осадков, системы улучшенного видения, определение интенсивности осадков, цифровая обработка изображений.

* Работа проведена в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 (Проект 218) в рамках НИОКТР, выполняемой при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 03.G25.31.0294). Работы выполняются в организации Головного исполнителя НИОКТР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова.

Для цитирования: Гармаш В. Н., Коробочкин Д. М., Матвеев С. А., Петров Ю. В., Рудыка С. А., Сухов Т. М. Комплексование информации от разнородных источников в бортовых комплексах обеспечения поисково-спасательных операций // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 139–146.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-139-146
УДК 621.396.969.1

**В. Н. Гармаш¹, Д. М. Коробочкин², С. А. Матвеев³, Ю. В. Петров³,
С. А. Рудыка³, Т. М. Сухов³**

¹ АО «Заслон», ² ООО «Ситимап», ³ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ОТ РАЗНОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ В БОРТОВЫХ КОМПЛЕКСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО- СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ*

Одной из актуальных проблем как гражданской, так и ведомственной авиации является обеспечение информационной поддержки экипажа в части предупреждения об опасных ситуациях и объектах, а также контроля расстояния до земной поверхности. Наиболее остро данная проблема стоит в условиях ограниченной видимости вследствие низкой освещенности, интенсивных осадков, тумана, задымленности, характерных при проведении различных поисково-спасательных операций. Поэтому разработчики бортовых комплексов стремятся к созданию систем, обеспечивающих возможность всепогодного, всесезонного, круглосуточного мониторинга окружающего пространства, для чего используются разнообразные датчики, как пассивные, так и активные, работающие в различных спектральных диапазонах. Кроме того, использование современных высокоточных навигационных систем и цифровой вычислительной техники позволяет осуществлять комплексование информации от этих датчиков с априорными геопространственными данными, сосредоточенными в электронных топографических картах. В статье рассмотрены методы комплексования данных об окружающей обстановке от разнородных источников информации, получившие распространение в бортовых комплексах обеспечения поисково-спасательных операций.

Ключевые слова: комплексование, информативность, спектральный диапазон, обзор, безопасность полета.

* Работа проведена в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 (Проект 218) в рамках НИОКТР, выполняемой при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 03.G25.31.0294). Работы выполняются в организации Головного исполнителя НИОКТР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова.

Для цитирования: Митюшов А. И., Карпов С. А., Крылов В. А. Особенности математического описания случайных сигналов с тремя уровнями квантования // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 7. С. 147–154.
DOI 10.21778/2218-5453-2018-7-147-154
УДК 621.396.9

А. И. Митюшов¹, С. А. Карпов¹, В. А. Крылов¹

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ С ТРЕМЯ УРОВНЯМИ КВАНТОВАНИЯ

В статье рассматривается способ математического описания аддитивной смеси сигнала с шумом при использовании трехуровневого квантования. Способ основан на представлении реализации принятого сигнала после квантования в виде случайного трехмерного дискретного вектора. Предлагается методика расчета статистических характеристик трехуровневых сигналов. Методика позволяет наглядно представить закон распределения вероятностей радиолокационных сигналов различной формы на фоне шумов с произвольным законом распределения при трехуровневом квантовании и рассчитать его числовые параметры. Знание закона распределения вероятностей при условии, что на входе только шум, и закона распределения вероятностей сигнала с шумом позволяет рассчитать показатели качества обнаружения и построить рабочие характеристики обнаружителя. Трехуровневое квантование позволяет существенно упростить техническую реализацию радиоэлектронных устройств обработки сигналов при допустимых энергетических потерях.

Ключевые слова: дискретные случайные величины, дискретный случайный вектор, полиномиальный закон распределения, уровни квантования, матрица вероятностей.

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ

К рассмотрению принимаются нигде не опубликованные ранее рукописи статей с оригинальными результатами теоретических и экспериментальных исследований в области радиоэлектроники. Максимальный объем статьи – 23 000 печатных знаков (с пробелами), включая формулы, иллюстрации, таблицы.

Обязательными являются следующие элементы статьи:

- **Тематическая рубрика журнала**, к которой должна быть отнесена статья.
- Индекс **УДК**.
- **Название статьи**, максимально конкретное и информативное, на русском и английском языках.
- **Ф.И.О. всех авторов** (полностью) на русском и английском языках.
- **Информация об авторах** на русском и английском языках: регалии; место работы (полное и сокращенное название организации, почтовый адрес с указанием города и почтового индекса), должность; электронный адрес; телефон. Если авторов несколько, то информация должна быть представлена по каждому из них.
- **Аннотация статьи** на русском и английском языках. В аннотации подчеркивается новизна и актуальность темы (без повтора заглавия статьи в тексте аннотации). Аннотация статьи должна быть информативной и подробной, описывать методы и главные результаты исследования. Из аннотации должно быть ясно, какие вопросы поставлены для исследования и какие ответы на них получены. Предпочтительна структура аннотации, повторяющая структуру статьи и включающая введение, цели и задачи, методы, результаты/обсуждение, заключение/выводы. Объем аннотации составляет 100–200 слов.
- **Ключевые слова** на русском и английском языках. Должны отражать основное содержание статьи, но, по возможности, не повторять ее название. Рекомендуемый объем – 3–6 слов или коротких словосочетаний.
- **Основной текст статьи**. Следует соблюдать единообразие терминов, а также единообразие в обозначениях, системах единиц измерения, номенклатуре. Следует избегать излишних сокращений, кроме общеупотребительных. Если сокращения все-таки используются, то они должны быть расшифрованы в тексте при первом упоминании.
- **Список литературы**, на русском и английском языках. Должен в достаточной мере отражать современное состояние исследуемой области и не быть избыточным. Должен содержать ссылки на доступные источники. Не цитируются тезисы, учебники, учебные пособия, диссертации без депонирования. Допустимый объем самцитирования автора не более 20% от источников в списке литературы.
- **Список иллюстраций** должен располагаться в конце статьи и содержать названия статей и подписи, размещенные на рисунке.

Правила оформления статей

Материалы статьи представляются для публикации в электронном виде.

В состав электронной версии статьи должны входить текстовая часть в формате MS Word (формулы в MathType), а также иллюстрации в виде отдельных графических файлов (каждый файл должен содержать один рисунок).

Статья представляется в итоговом варианте, т.е. не предполагает существенных авторских изменений и дополнений, а также не содержит исправлений, отображаемых на полях или в тексте работы.

Английский блок должен включать (в указанном порядке): заголовок статьи, Ф.И.О. всех авторов, аннотацию, ключевые слова, список литературы в романском алфавите.

Графический материал

Все иллюстрации должны быть черно-белыми.

Иллюстрации для каждой статьи должны находиться в отдельной папке с названием статьи; название файла должно включать номер рисунка. Каждый файл должен содержать только один рисунок.

Параметры иллюстраций:

- форматы *.tif или *.eps;
- цветовая модель Grayscale (Black 95%), разрешение 300 dpi при 100%-ной величине;
- цветовая модель Bitmap, разрешение не ниже 600 dpi;
- толщины линий не менее 0,5 point;
- не следует использовать точечные закрашки в программах работы с векторной графикой, таких как Noise, Black&white noise, Top noise;
- не следует добавлять сетку или серый фон на задний план графиков и схем;
- желательно иллюстрации предоставлять в двух вариантах (первый – со всеми надписями и обозначениями, второй – без текста и обозначений);
- все надписи на рисунках и названия рисунков обязательно (!) должны быть набраны текстом и располагаться на отдельной странице в текстовой части статьи.

Текст статьи

Текст должен быть в формате MS Word; набран через двойной интервал; шрифтом Times New Roman, размер шрифта – 12 пунктов.

Не следует вводить больше одного пробела подряд (в том числе при нумерации формул). Используйте абзацный отступ и табуляцию.

Подзаголовки должны быть без нумерации.

Таблицы представляются в формате MS Word. Их следует располагать в тексте непосредственно после ссылки на таблицу.

В тексте статьи должны быть ссылки на все рисунки и таблицы. Если в статье один рисунок и/или таблица, номер не ставится. Рисунки с цифро-буквенной нумерацией обозначаются в тексте без запятой и пробела (например, рис. 1а).

В шапке таблицы пустых ячеек быть не должно.

В таблице не должно быть графы с порядковым номером. Если нумерация строк необходима, то порядковый номер указывается непосредственно перед текстом.

При отсутствии данных в ячейках должны быть прочерки (т.е. пустых ячеек быть не должно).

Подписи к рисункам должны содержать расшифровку всех обозначений, использованных на рисунке.

На отдельном листе в конце статьи должны быть набраны названия рисунков с подписями, а также текст, размещенный на рисунках.

Формулы и буквенные обозначения

Все формулы должны быть набраны только (!) в математическом редакторе MathType с настройками строго (!) по умолчанию. Не допускается набор из составных элементов (часть – текст, часть – математический редактор). Не допускается также вставка формул в виде изображений. Формулы располагают по месту в тексте статьи.

По возможности следует избегать «многоэтажных» формул. В частности, в сложных формулах экспоненту рекомендуется представлять как «exp».

Дроби предпочтительно располагать отдельной строкой, числитель от знаменателя отделять горизонтальной чертой.

В десятичных дробях для отделения целой части используется запятая (например, 10,5).

В качестве знака умножения используется символ точка (\cdot), при переносе формулы в качестве знака умножения следует использовать символ крест (\times).

Знак умножения в формулах ставится только (!) перед цифрой и между дробями.

В формулах и тексте скалярные величины, обозначаемые латинскими буквами, набираются курсивом, обозначаемые греческими буквами – прямым шрифтом. Для обозначения векторных величин используется прямой полужирный шрифт, стрелка сверху не ставится.

Одиночные буквы или символы, одиночные переменные или обозначения, у которых есть только верхний или только нижний индекс, единицы измерения и цифры в тексте, а также простые математические и химические формулы следует набирать в текстовом режиме без использования внедренных рамок (т.е. без использования математических редакторов).

Слова «минус» и «плюс» перед цифрами обозначаются знаками (например, +4; –6).

Размерности

Размерности отделяются от числа пробелом, кроме градусов, процентов, промилле.

Для сложных размерностей допускается использование как отрицательных степеней, так и скобок. Главное условие – соблюдение единообразия написания одинаковых размерностей по всему тексту и в иллюстрациях.

При перечислении, а также в числовых интервалах размерность приводится только после последнего числа (например, 18–20 кг), за исключением угловых градусов.

Числовой диапазон оформляется коротким тире без пробелов (например, 18–20).

Размерности переменных пишутся после их обозначений через запятую, а не в скобках.

Список литературы

В журналах принимается Ванкуверская система цитирования – последовательный численный стиль: ссылки нумеруются по ходу их упоминания в тексте, таблицах и рисунках. Единый список литературы оформляется также в порядке упоминания в тексте.

На все работы, включенные в список литературы, должна быть ссылка в тексте.

Допустимый объем самоцитирования автора не более 20% от источников в списке литературы.

Не цитируются:

- тезисы, учебники, учебные пособия;
- диссертации без депонирования.

Единый список литературы на русском языке размещают в конце текста статьи и озаглавливают «Список литературы».

Единый список литературы в романском алфавите (латинице) размещают в англоязычном блоке после ключевых слов (Keywords) и озаглавливают References.

В тексте статьи ссылки приводят квадратных скобках: [1–5] или [1, 3, 5].

Источники приводят на языке оригинала. Русские – на русском, англоязычные – на английском.

Пример оформления статьи из периодического издания:

Таран П.П., Иванов А.А. Глобализация и трудовая миграция: необходимость политики, основанной на правах человека // Век глобализации. 2010. № 1. С. 66–88.

Пример оформления книги:

Костылева Л.В. Неравенство населения России: тенденции, факторы, регулирование. М.: ИСЭРТ РАН, 2011. 200 с.

Пример оформления электронного источника:

Костылева Л.В. Неравенство населения России: тенденции, факторы, регулирование [Электронный ресурс]. М., 2011. 30 с. Адрес доступа: <http://elsevierscience.ru/>

Подписи к рисункам

На отдельном листе должны быть набраны (в порядке упоминания в тексте) порядковый номер рисунка, его название, а также все надписи, расположенные на рисунке. Подписи к рисункам должны содержать расшифровку всех обозначений, использованных на рисунке.

Комплект предоставляемых материалов

Комплект материалов рукописи статьи должен включать электронную версию статьи; иллюстрации в виде отдельных графических файлов; акт экспертизы.

Материалы следует присылать на электронную почту publish@instel.ru.

RULES FOR SUBMITTING ARTICLES

Accepted for consideration manuscript with original results of theoretical and experimental research in the field of electronics with no publishing record. The maximum amount of 23000 articles printed characters (with spaces), including formulas, illustrations, tables.

The mandatory elements of the articles are the following:

- Thematic heading of magazine to which article should be carried
- Index of the universal decimal classification.
- The name of article, at the most specific and informative, in Russian and English languages.
- The information on authors, in Russian and English languages: regalia; place of job (the full and shorthand name of the organization, the post address with the indication of city and the postal index), a position; the electronic address; phone. If there're few authors then the information should be presented on each of them.
- The summary of article in Russian and English languages. Novelty and a urgency of subject matter (without repetition of the title of article in the text of the summary) should be emphasized in the summary. The summary of article have to be informative and detailed, describe methods and the main results of research. The summary has to cover what questions are put for research and the answers to them are received. The structure of the summary has to repeat structure of article and including introduction, objectives and problems, methods, results/discussions, the conclusion/conclusions is preferential. The volume of the summary makes 100–200 words.
- Key words in Russian and English languages. Should reflect the main content of the article, but if possible not to repeat its name. The recommended amount – 3–6 words or short phrases.
- The main text of the article. The uniformity of terms should be observed as well as uniformity in the notation, systems of units, nomenclature. Avoid unnecessary abbreviations commonly used in addition. If the abridgement is still used then it must be transcribed in the text at the first mention.
- References in English and Russian languages. Must adequately reflect the current state of the study area and not be excessive. Must contain references to available sources. Not quoted theses, textbooks, manuals, thesis without deposit. The allowable amount of self-citation of the author should not exceed 20% of the sources in the bibliography.
- The list of illustrations should be placed down in the end of article and contain names of articles and the signatures placed in picture.

Formalized rules for articles

Materials of the Articles are submitted for publication in electronic form.

The electronic version of the paper should include the text portion in MS Word format (formulas in Math-Type), as well as illustrations as separate image files (each file should contain one figure).

The article appears in the final version and copyright does not involve significant changes and additions, as well as does not include patches that are displayed in the fields or in the text of the work.

English unit should include (in indicated order): title of the article, name all authors, abstract, keywords, references in the Roman alphabet.

Graphical material

All illustrations should be in black and white.

Illustrations for each article must be in a separate folder with the title of the article; File name should include the figure number. Each file must contain only one drawing.

illustrations parameters:

- formats *.tif or *.eps;
- color model Grayscale (Black 95%), the resolution of 300 dpi at 100% value;
- color model Bitmap, resolution of at least 600 dpi;
- Lines's thickness of not less than 0,5 point;
- It is not necessary to use dot shadings in programs of work with vector graphics, such as Noise, Black*white noise, Top noise
- It is not necessary to add a grid or a grey background on a background of charts and diagrams;
- it is desirable to provide the illustrations in two versions (the first – with all the inscriptions and symbols, the second – without text and symbols);
- All signs in the figures and the names of figures is obligatory (!) Should be typed in the text and placed on a separate page in the text of the article.

The text of article

The text should be in MS Word format; typed double-spaced; font Times New Roman, font size – 12 points.

Do not enter more than one space in a row (including the numbering of formulas). Use indentation and tabs.

Subtitles should be without numbering.

Tables submitted in MS Word format. They should be placed in the text immediately following the reference to the table.

The text of the article should be a reference for all figures and tables. If an article of one figure and / or table number is not assigned. Figures alphanumeric numbering are indicated in the text without a comma and a space (for example, Fig. 1a).

In the header of the table empty cells should not be.

The table should not have graphs with a serial number. If line numbering is needed, the serial number is indicated immediately before the text.

In the absence of data in the cells must be dashes (empty cells should not be).

Captions should include decoding of symbols used in the figure.

On a separate sheet at the end of the article should be typed in the names of images with captions, and also the text that appears in the figures.

Formulas and letter designations

All formulas should be typed only (!) In MathType mathematical editor. Not allowed set of constituents (Part – text part – mathematical editor). There can be no insert formulas in the form of images. Formula for a place in the text.

If possible, avoid «multi-storey» formulas. In particular, complex formulas recommended exponent of as «exp».

Fractions are preferably arranged separately, the numerator by the denominator separated by a horizontal line.

In decimal fractions to separate the integer part of a comma (eg 10,5).

As a sign of multiplication using the dot (\cdot), when transferring the formula should use the cross symbol (\times) as a multiplication sign.

The multiplication sign in the formulas is put only (!) before a figure between fractions.

In the formulas and text scalar quantities, denoted by Latin letters, italicized, denoted by Greek letters – font. To indicate vector quantities used straight bold, arrow at the top is not put.

Single letters or symbols, single variables or symbols that have only the upper or only the lower the index, units, and figures in the text, as well as simple mathematical and chemical formulas should be typed in text mode without the use of embedded frames (ie, without the use of Mathematical editors).

The words «minus» and «plus» to the numbers indicated by signs (eg 4, –6).

Dimensions

Dimensions are separated from the number by a space, except degrees, percent, per mille.

For complex dimensions allowed as the negative powers, and parentheses. The main condition – that the consistency of writing the same dimensions throughout the text and illustrations.

In the listing, as well as the dimension of the numerical ranges given only after the last day (e.g. 18–20 kg) except angular degrees.

A numeric range is made short dash without spaces (for example, 18–20).

The dimensions of the variables are written after the notation, separated by commas, but not in parentheses.

Bibliography

The magazines use the Vancouver citation system – consistent numerical style: links are numbered in the course of their appearance in the text, tables and figures. A single list of references is also executed in the order mentioned in the text.

All work included in the list of references should be referenced in the text.

The allowable amount of self-citation is not the author of more than 20% of the sources in the bibliography.

Do not quoted:

- theses, textbooks, teaching aids;
- dissertation without deposit.

A unified list of literature in Russian is placed at the end of the text and the headline «References».

A unified list of references in the Roman alphabet (Roman alphabet) are placed in an English-speaking unit after keywords (CET Keywords) and headline References.

The text of the article links lead brackets: [1–5] or [1, 3, 5].

Sources of lead in the original language. Russian – Russian, English language – English.

A sample of articles from periodicals:

Taran P. P., Ivanov A. A. Globalization and labor migration: the need for a policy based on human rights // Century of Globalization. 2010. № 1. pages 66–88.

Formalizing example for the book

Kostyleva L. V. Inequality of the Russian population: trends, factors that regulation. M.: ISERT RAS, 2011. 200 p.

Example of electronic sources:

Kostyleva L. V. Inequality population of Russia: tendencies, factors, regulation [electronic resource]. M., 2011. 30 p. Access Location: <http://elsevierscience.ru/>

Signatures to pictures

On a separate sheet should be typed (in order of appearance in the text) the serial number of the picture, its name, as well as all the inscriptions located in the picture. Captions should include decoding of symbols used in the figure.

The complete set of provided materials

The complete set of materials of the manuscript of article should include the electronic version of article; illustrations in the form of separate graphic files; the certificate of examination.

Materials should be sent by e-mail **publish@instel.ru**.

