

ВЕСТНИК МЕТРОЛОГА

Научно-технический журнал
 Решением ВАК от 18.12.2017 года включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» («Перечень...» от 25.12.2017 г. за № 2210).

Учредитель и издатель

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»

Почтовый адрес:

п/о Менделеево, Солнечногорский район, Московская область, 141570

Редакционный совет:

И.Ю. Блинов, доктор технических наук.
 В.А. Вышлов, доктор технических наук профессор.

С.С. Голубев, кандидат технических наук
 О.В. Денисенко, доктор технических наук.
 Ю.А. Клейменов, доктор технических наук
 Д.А. Кузнецов

И.М. Малай, доктор технических наук.
 Б.А. Сахаров, доктор технических наук.
 Ф.И. Храпов, доктор технических наук.
 В.В. Швыдун, доктор технических наук.
 А.Н. Щипунов, доктор технических наук

Главный редактор

В.Н. Храменков, доктор технических наук, профессор

Заместитель главного редактора

О.В. Надеина, кандидат педагогических наук

В подготовке номера участвовали:

Овчарова Е.Ю.

Адрес редакции: 141006, г. Мытищи Московской обл., Олимпийский проспект, владение 12, строение 1, оф. 404

Адрес для переписки, размещения рекламы и приобретения журнала «Вестник метролога»:

п/о Менделеево, Солнечногорский р-н, Московская область, 141570

Тел./факс

(495) 586-23-88; (495) 580-35-66.

E-mail: 32gniii_vm@mail.ru; vm@vniiftri.ru

Отпечатано ООО «Принт»

Юридический адрес:

426035, Россия, г. Ижевск,

Тимирязева ул, д. 5.

Тел. (3412) 56-95-53

Сдано в набор 20.02.2020

Подписано в печать 28.02.2020

Тираж 300 экз.

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77- 60016 от 21 ноября 2014 г.

Материалы журнала размещаются на сайте Научной электронной библиотеки и включаются в национальную информационно-аналитическую систему РИНЦ

СОДЕРЖАНИЕ

ФГУП «ВНИИФТРИ» – 65 лет 3

Общие вопросы метрологии
Ткаченко К.С., ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
 Структурный подход к проектированию компьютерных узлов для деградирующих и самовосстанавливающихся первичных измерителей 6

Общие вопросы метрологии
Хайруллин Р.З., д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
 Применение байесовского подхода в задачах построения статистических оценок при обработке результатов испытаний измерительной техники 9

Общие вопросы метрологии
Иванов И.Г.
 Концептуальная модель информационно-управляющей системы поддержки принятия решений при испытаниях космических средств на основе прецедентов 16

Измерения геометрических величин
Савкин К.Б., к.т.н., ФГУП «ВНИИОФИ», Корнилов С.В., к.т.н., Колюхов М.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
 Применение мер длины концевых плоскопараллельных для оценки погрешности измерений длины системой лазерной координатно-измерительной 22

Научно-технические обзоры материалов конференций, симпозиумов

Измерения механических величин
Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ», Храменков В.Н., д.т.н., профессор, Вышлов В.А., д.т.н., профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Романова Т.А. ФГУП «ВНИИФТРИ»
 Новые технологии в области навигации: конференция ФГУП «ВНИИФТРИ» 25

Измерения механических величин
Надеин В.В., к.п.н., доцент, Черняев К.С., к.т.н., Надеина О.В., к.п.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
 Современные проблемы развития и пути их решений в проведении своевременной и достоверной диагностики для обеспечения безопасной эксплуатации и прогнозирования ресурса (по материалам VII Международного промышленного форума) (3 марта – 5 марта) «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» 30

Выставки, конференции во II квартале 2020 года
«Актуальные задачи военной метрологии», 45 научно-техническая конференция молодых ученых (23.04.2020) КВЦ «Патриот», г. Кубинка Московской области 34

Международный форум-выставка **«МетролЭкспо-2020»** . . 36

XII Всероссийская научно-техническая конференция **«Метрология в радиоэлектронике»** (16–18 июня 2020 г.) . . 37

15-я Международная специализированная выставка **«Фотоника. Мир Лазеров и Оптики–2020»** (31 марта – 3 апреля)

Информация 38
 К сведению авторов 38
 Новинки измерительной техники

«Vestnik Metrologa» magazine is published and extends in Russian since 2005

«Vestnik Metrologa» – Scientific and technical journal. By the solution of VAK of 18.12.2017 it is included in «The list of the reviewed scientific publications in which have to be the main scientific results of theses for a degree of the candidate of science, for degree of the doctor of science are published» («List»... of 25.12.2017 for No. 2210).

FSUE VNIIFTRI Russian Metrological Institute of Technical Physics and Engineering You are: Publisher

Address: 141570, Moscow region, Solnechnogorsk district., Township Mendeleevo

The Editorial advice:

I.Y. Blinov, doctor of the technical sciences. sciences.

V.A. Vyshlov, doctor of the technical sciences, professor.

S.S. Golubev, candidate of the technical sciences

O.V. Denisenko, doctor of the technical sciences.

Y.A. Kleymenov, doctor of the technical sciences

D.A. Kuznetsov

I.M. Malai, doctor of the technical sciences.

B.A. Saharov, doctor of the technical sciences.

F.I. Hrapov, doctor of the technical sciences.

V.V. SHvydun, doctor of the technical sciences,

A.N. Shcipunov, doctor of the technical sciences.

Editor-in-chief

V.N. Khramenkov, doctor of the technical sciences, professor

Deputy main of the editor

O.V. Nadeina, candidate of the pedagogical sciences

Address to editings: 141006, Mytishi Moscow obl., Olympic avenue, possession 12, construction 1, of. 404

Address: 141570, Moscow region, Solnechnogorsk district., Township Mendeleevo

telephone/fax (495) 586-01-00;
(495) 586-23-88; (495) 580-35-66.

E-mail: 32gniii_vm@mail.ru; vm@vniiftri.ru

It is Printed by OOO «Print»

Legal address: 426035, Russia, Izhevsk, st. Timiryazeva, d. 5.

telephone (3412) 56-95-53

The Circulation
300copies

CONTENTS

FSUE «VNIIFTRI» – 65	3
Common questions of a metrology <i>Tkachenko Kirill Stanislavovich,</i> <i>Engineer 1st cat., FSAEI HE «Sevastopol State University»</i> The structural approach to the design of computer nodes for degraded and self-healing primary meters	6
Common questions of a metrology <i>Khayrullin R.Z., d.ph.-m.s., Moscow State (National Research) University of Civil Engineering, FSBI «MSMC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation</i> Application of Bayesian approach to problem of constructing statistical estimates during the dealing the testing results of the measuring equipment	9
Common questions of a metrology <i>Ivanov I.G.</i> Conceptual model of information-management system of decision making support in the process of test space vehicles based on precedents	16
Measurements of the geometrics values <i>Savkin K.B., k.t.s., FSUE «VNIIOFI», Kornilov S.V., k.t.s., Konyukhov M.A., FGBU GNMC Russian Defense Ministry</i> Application of end plane-parallel length measures for estimation of length measurement error by laser coordinate measuring system	22
Scientifics-technicals reviews materials conferences and symposiums Measurements of the mechanical values <i>Denisenko O.V., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI», Khramenkov V.N., d.t.s., professor, Vyshlov V.A., d.t.s., professor, FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia, Romanova T.A., FSUE «VNIIFTRI»</i> New technologies in the field of navigations: conference FSUE «VNIIFTRI»	25
Measurements of the mechanical values <i>Nadein V.V., k.p.s., associate professor, Chernyaev K.S., k.t.s., Nadeina O.V., k.p.s., FSBI «MSMC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation</i> Modern problems of the development and way of their decisions in undertaking well-timed and reliable diagnostics for ensuring the safe usage and forecastings of the resource (VII-International industrial forum «Territory NDT. Non-destructive testing. Test. Diagnostics» (Mart, 3–5))	30
Exhibitions to conferences in II quarters 2020 Metrol Expo–2020	36
XII All-Russian scientific and technical conference «Metrology in radio electronics» (June, 16-18, 2020)	37
15 – International specialized exhibition «Photonics. Word of lasers and optics-2020» (Mart, 31 – April, 3)	
Information	38
Note authors	38
Novelties of the measuring technology	



65 лет



...Чтобы предстоящий путь был по возможности эволюционным и прогрессивным, прежде всего он не должен отрицать прошлого.

Д.И. Менделеев

В 2020 г. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») принимает поздравления в честь своего 65-летия.

Создание «ВНИИФТРИ» в середине 50-х годов XX века было далеко не случайным. Эти годы для страны и всего мира были ознаменованы началом научно-технической революции, сопровождавшейся широким внедрением научных достижений и открытий в области физики, химии, радиотехники, электроники, оптики, акустики в технологии и продукцию, которые приобретали качественно новые свойства по сравнению с их предшественниками. Однако применение новых физических принципов для создания перспективных технологий и продукции было невозможным без опережающего развития методов и средств в совершенно новых областях и видах измерений. Очень образно и убедительно об этом говорил Дмитрий Иванович Менделеев, ученый-энциклопедист,

обладающий огромным практическим опытом, непрекаемым авторитетом в научном мире, который в 1892 году возглавил Депо образцовых мер и весов России. О своей метрологической деятельности, которая продолжалась до конца жизни Д.И. Менделеева, и ее влиянии на повседневную жизнь, он писал так:

«поручили мне дело упорядочения мер и весов в России, чем я занят с тех пор с увлечением, так как тут чистая наука тесно переплетается с практической деятельностью».

Результатом деятельности Д.И. Менделеева на этом поприще стала проведенная им в России метрологическая реформа, предусматривающая:

- создание новой усовершенствованной и расширенной базы национальных эталонов единиц величин;
- основание научного метрологического центра страны – Главной палаты мер и весов;
- введение нового закона в области метрологии;
- открытие сети поверочных учреждений нового типа;

■ проведение работ по подготовке России к переходу на международную метрическую систему единиц.

Заложенные Д.И. Менделеевым принципы метрологической деятельности позволили оперативно разработать необходимые меры обеспечения единства в новых областях и видах измерений. В числе важнейших из них стало создание распоряжением Совета Министров СССР № 1063-Р от 18 февраля 1955 года на базе Центрального научно-исследовательского бюро единой службы времени, ЦНИИ радиоизмерений и ЦНИИ физико-технических измерений Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений.

С середины 50-х гг. во ВНИИФТРИ разворачиваются работы по акустике и гидроакустике. Были разработаны и созданы глушённая и реверберационная камеры, гидроакустический бассейн. Бурным развитием ознаменовали себя и 60-е, и 70-е годы, когда значительно увеличился состав сотрудников. Получены первые важные научные резуль-

таты, а в 1967 г. был официально утвержден первый государственный эталон времени, частоты и атомной шкалы времени. По инициативе научного руководителя ВНИИФТРИ академика С.А. Христиановича в 60–70-е гг. были образованы филиалы ВНИИФТРИ в Казани, Иркутске, Хабаровске, Ереване, Львове; создана аспирантура; начали работу диссертационные советы по защите кандидатских и докторских работ.

В 70-е годы аттестован качественно новый комплекс государственного эталона времени и частоты, что позволило ему тогда войти в число лучших эталонов мира, а с 80-х годов ведутся работы в области квантовой метрологии, создания прецизионной аппаратуры с использованием эффекта Джозефсона, по получению спектров излучения высокоионизированных атомов и ионов.

В 1994 г. институту присвоен статус Государственного Научного центра Российской Федерации.

Разработки ВНИИФТРИ в 2004–2014 гг. награждены 4 платиновыми, 22 золотыми, 14 серебряными медалями и 20 дипломами Международного военно-морского салона IMDC; Форумов «Метрология ЭКСПО»; «Аналитика ЭКСПО»; Международного форума измерений и технологий и других международных выставок. ВНИИФТРИ поддерживает более 20 патентов и свидетельств, 39 разработок имеют Свидетельства о присвоении Знака качества СИ.

На ВНИИФТРИ возложены функции Главного метрологического центра Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ).

В 2007 году решением Правительства РФ осуществлена реорганизация ФГУП «ВНИИФТРИ» в форме присоединения к нему Федеральных государственных унитарных предприятий «СКБ

ВНИИФТРИ», «ОЗ ВНИИФТРИ», «ВС НИИФТРИ» – Иркутск, «ВНИИФТИ «Дальстандарт» – Хабаровск, ФГУ НПП «Хронос» – Петропавловск-Камчатский (Распоряжение от 10.03.07 г. № 272-р).

За шестьдесят пять лет институт получил широкое признание, достиг значительных результатов в реализации наукоемкой продукции, а также эффективном использовании своего инновационного и научно-технологического потенциала.

Сейчас предприятие имеет филиалы в Иркутске, Хабаровске, Петропавловске-Камчатском и Новосибирске.

Всероссийский научный исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений **подтвердил статус Государственного научного центра** Российской Федерации. Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 06.06.2019 статус ГНЦ также присвоен 41 научной организации. ВНИИФТРИ неоднократно подтверждает свое право считаться Государственным научным центром с 1994 года. ФГУП «ВНИИФТРИ» активно участвует в выполнении Федеральной целевой программы ГЛОНАСС. В институте ведутся работы по воспроизведению национальной шкалы времени и эталонных частот, определению параметров вращения Земли, по разработке, совершенствованию, содержанию, сличению и применению государственных первичных эталонов единиц величин, проведению фундаментальных и прикладных научных исследований, экспериментальных разработок.

ФГУП «ВНИИФТРИ» **признан одним из лидеров научного направления среди российских метрологических институтов**, подведомственных Федеральному агентству по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Высокий статус был присвоен институту Приказом Росстандарта от 23.12.2019 г. по

результатам оценки деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, проведенной в системе ведомства в 2019 году. В соответствии с критериями оценки ФГУП «ВНИИФТРИ» присвоена 1-я (высшая) категория.

Менее чем за пять лет усилиями научного коллектива ВНИИФТРИ был **разработан экспериментальный образец измерительной установки на базе акустического газового термометра** для государственного первичного эталона единицы температуры ГЭТ 35-2010 с целью реализации нового определения единицы температуры Кельвина на основе фундаментальной физической константы Больцмана. В 2017 г. сотрудники ВНИИФТРИ измерили с высокой точностью постоянную Больцмана. Новое значение соответствует показателям, полученным в других зарубежных метрологических институтах: NIST, LNE, INRIM, NPL. В дальнейшем значение постоянной Больцмана, зафиксированное CODATA (The Committee on Data for Science and Technology), будет определять единицу температуры через единицу энергии.

Начиная с 2015 года опытно-производственный технический центр ОПТЦ обеспечивает серийный выпуск высокоточных средств измерений и сопутствующей продукции. В 2019 году номенклатура серийно производимых ФГУП «ВНИИФТРИ» средств измерений превысила 70 наименований и продолжает расширяться. Производимые ФГУП «ВНИИФТРИ» средства измерения и сопутствующее оборудование используются российскими и иностранными потребителями при разработке новых видов продукции, метрологического обеспечения в рамках эксплуатации сложных систем и технологических процессов, а так-

же модернизации существующего парка приборов и устройств.

Учеными ВНИИФТРИ был создан сверхминиатюрный стандарт частоты для 5G и «беспилотников». Разработка сверхминиатюрного квантового стандарта частоты на основе атомов рубидия является технологическим прорывом на отечественном рынке в области частотно-временных измерений. Малые размеры нового прибора существенно расширяют возможности и области его применения. Подобное оборудование в мире производят лишь единичные компании. Наш сверхминиатюрный стандарт не только не уступает, но даже превосходит по некоторым своим техническим характеристикам мировые аналоги», – отметил заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации **Алексей Беспрозванных**.

Специалисты ФГУП ВНИИФТРИ Росстандарта разработали **новую линейку растворов в области рН и рХ-метрии** на базе государственного первичного эталона показателя рН активности ионов водорода в водных растворах рН ГЭТ 54-2011. Новая продукция представляет собой растворы (6 наименований), необходимые для эксплуатации измерительных стеклянных электродов рН и в области ионометрии, а также для обеспечения их работы при непосредственном измерении величины водородного показателя, активности ионов и окислительно-восстановительного потенциала, в различных сферах жизнедеятельности человека.

Учёные ВНИИФТРИ Росстандарта разработали **высокоточные средства и методы для измерений частотных параметров узкополосных малошумящих лазеров**, которые позволяют точнее измерять частоту лазерного излучения. Разработки института будут применяться при

создании стандартов частоты (СЧ) последнего поколения, в том числе, с использованием современной технологии лазерной накачки – охлаждения атомов с помощью лазеров.

В период с 2013 по 2018 год **было создано 4 новых Государственных первичных эталона** (ГЭТ 209-2014 – Государственный первичный специальный эталон единицы мощности поглощенной дозы интенсивного фотонного, электронного и бета-излучений для радиационных технологий; ГЭТ 211-2014 – Государственный первичный эталон твердости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования; ГЭТ 212-2014 – Государственный первичный эталон единицы массовой концентрации кислорода и водорода в жидких средах; ГЭТ 217-2018 – Государственный первичный эталон единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации неорганических компонентов в водных растворах на основе гравиметрического и спектральных методов) **и усовершенствовано 15.**

За **2019 в ФГУП «ВНИИФТРИ» были модернизированы 6 Государственных первичных эталонов.** Эталоны с новыми характеристиками были рекомендованы к утверждению научнотехнической комиссией (НТК) по метрологии и измерительной технике Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

В 2019 году ученые **ВНИИФТРИ стали лауреатами Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.** Премию коллективу присудили за разработку высокоточного комплекса квантовых эталонов времени и частоты для перспективных навигационных, геодезических и цифровых технологий. Уникальные эталонные комплексы, созданные во ВНИИФТРИ, обеспечивают воспроизведение, хранение и передачу единиц вре-

мени, частоты и национальной шкалы времени для создания перспективных навигационных, геодезических и цифровых технологий и не имеют аналогов в Российской Федерации, а также не уступают, а в ряде случаев, и превосходят зарубежные аналоги. Сегодня национальная шкала времени Российской Федерации по точности входит в тройку лучших в мире. Работа научного коллектива ВНИИФТРИ стала основой для появления новых перспективных разработок в области оптических стандартов частоты, временных измерений и метрологического обеспечения ГЛОНАСС, международного сотрудничества в области метрологии и др.

С 2017 года, согласно ежегодному рейтингу WRIR (Европейская научно-промышленная Палата), **ВНИИФТРИ входит в топ-50 организаций по направлениям «Физика» и «Инженерные работы».**

ВНИИФТРИ регулярно является **организатором научно-технических конференций и симпозиумов** по важнейшим темам метрологии, таким как: время и пространство, гравиметрия, физико-химические радиотехнические измерения. Каждое мероприятие становится значимым событием в научном мире и неизменно привлекает видных ученых и специалистов в обозначенных областях.

Сейчас на предприятии трудится большой коллектив высококвалифицированных специалистов, среди которых академики и члены-корреспонденты РАН, доктора наук, кандидаты наук, лауреаты Госпремии РФ, лауреаты премий Правительства РФ, академики Метрологической академии. Их работа вместе с молодым отрядом метрологов, пополнивших в последнее время кадровый состав – залог дальнейших достижений института, уверенно шагающего в седьмом десятилетии своей деятельности.

СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ДЕГРАДИРУЮЩИХ И САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ
THE STRUCTURAL APPROACH TO THE DESIGN OF COMPUTER NODES FOR DEGRADED AND SELF-HEALING PRIMARY METERS

Ткаченко К.С., инженер, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Tkachenko Kirill Stanislavovich, Engineer 1st cat.,
FSAEI HE «Sevastopol State University»
e-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

Аннотация. Современные компьютерные узлы, предназначенные для функционирования совместно с первичными измерителями, отличаются высокой сложностью. При этом первичные измерители могут деградировать и самовосстанавливаться. Такие изменения в функционировании первичных измерителей отражаются на корректной работе компьютерного узла. Рассматривается подход для проектирования компьютерного узла на основе методов системного анализа. Этот подход позволит обеспечить надежное функционирование компьютерных узлов при деградации и самовосстановлении первичных измерителей.

Abstract. Modern computer units designed to function together with primary meters are highly complex. In this case, primary meters can degrade and self-repair. Such changes in the functioning of the primary meters are reflected in the correct operation of the computer node. The paper proposes an approach for the design of a computer node on the basis of methods of system analysis. This approach will ensure reliable operation of computer nodes during degradation and self-recovery of primary meters.

Ключевые слова: компьютерные узлы, измерители, моделирование.

Keywords: computer nodes, meters, modeling.

Во многих областях промышленности требуются информационно-измерительные системы [1]. Эти системы позволяют улучшать этапы жизненного цикла продукции, включая их проектирование и производство. Функции, возлагаемые на такие системы, отличаются повышенной сложностью. Эти сложности, в свою очередь, отражаются на структуре и характеристиках информационно-измерительных систем. При этом в результате эксплуатации со временем снижается точность измерений в этих системах. Снижение точности приводит к недостоверным результатам функционирования систем и может повлиять на качество проектируемой и производимой продукции. То есть ухудшается важнейшая характеристика информационно-измерительных систем, называемая метрологической надежностью. Изменения метрологической надежности в первую очередь затрагивают аналоговые блоки систем, то есть, первичные измерители. Для изменения метрологической надежности первичных измерителей существуют математические надежностные модели. Эти модели строятся в основном для единичных деградирующих факторов. Целостные модели для множества совокупностей факторов весьма сложны.

Для контроля состояния сложных технических систем применяются особые специализированные стенды [2]. Для таких специализированных стендов нужно обеспечивать требуемые метрологические характеристики. В процессе проведения измерений за счет изменений состояний в объектах измерения появляются расхождения в результатах измерений.

Эти расхождения в большинстве случаев требуется либо уменьшить, либо компенсировать. Для уменьшения или компенсации расхождений применяются ориентированные на расхождение конструкции датчиков. Использование таких датчиков становится возможным при модификации эксплуатируемых информационных систем управления измерениями и методов проведения измерений.

Существуют ситуации, когда высокое качество измерений определенных параметров является чрезвычайно важным [3]. Для таких ситуаций разрабатываются и впоследствии применяются методы измерений, которые имеют ограниченную область использования. Такие методы определения количественных характеристик в некоторых случаях основываются на численных теоретических расчетах, зависимых от физических свойств рассматриваемых материалов. Формируемые функциональные семейства зависимостей могут являться численно неустойчивыми.

Оценки физических характеристик систем получаются на основе численных решений уравнений [4]. Эти численные решения имеют систематические ошибки. Их необходимо корректировать для повышения степени достоверности. Изменение режимов работы систем приводит к невозможности использования ранее определенных коррекционных коэффициентов. Поэтому при увеличении диапазонов измерений могут возникать внезапные и резкие изменения точности, как в сторону ухудшения, так и в сторону улучшения.

Пусть рабочая точка системы может находиться в состояниях: S_{VH} – состояние обработки входных воздействий; S_{UPR} – состояние управление; S_{VYH} – состояние формирования выходных воздействий; S_{OS} – состояние формирования и последующей обработки обратной связи. Рабочая точка совершает переход между этими состояниями по циклической многостадийной схеме.

Считаются априори известными интенсивность входного потока деградирующих заявок, которая составляет λ , производительность устранения деградирующих заявок – μ , интенсивность получения полезных заявок – ζ , производительность обработки полезных заявок – η . Тогда переход $S_{VH} \rightarrow S_{UPR}$ происходит с интенсивностью λ , $S_{UPR} \rightarrow S_{VYH} - \mu$, $S_{VYH} \rightarrow S_{OS} - \zeta$, $S_{OS} \rightarrow S_{VH} - \eta$.

Вероятности пребывания в состояниях: $S_{VH} - p_1 = p_{VH}$, $S_{UPR} - p_2 = p_{UPR}$, $S_{VYH} - p_3 = p_{VYH}$, $S_{OS} - p_4 = p_{OS}$. Вначале вероятности равны, соответственно, $p_1^{(0)} = 1$, $p_2^{(0)} = 0$, $p_3^{(0)} = 0$, $p_4^{(0)} = 0$. Для определения финальных вероятностей состояний p_1, p_2, p_3, p_4 составляется система уравнений Колмогорова в предположении о наличии дискретной марковской цепи:

$$\begin{cases} S_{VH}: \lambda p_1 = \eta p_4, \\ S_{UPR}: \mu p_2 = \lambda p_1, \\ S_{VYH}: \zeta p_3 = \mu p_2, \\ S_{OS}: \eta p_4 = \zeta p_3, \\ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1. \end{cases} \quad (6)$$

Решением системы уравнений Колмогорова (6) является:

$$\begin{cases} p_{VH} = p_1 = \frac{\eta \mu \zeta}{\lambda(\eta(\zeta + \mu) + \mu \zeta) + \eta \mu \zeta}, \\ p_{UPR} = p_2 = \frac{\eta \lambda \zeta}{\lambda(\eta(\zeta + \mu) + \mu \zeta) + \eta \mu \zeta}, \\ p_{VYH} = p_3 = \frac{\eta \lambda \mu}{\lambda(\eta(\zeta + \mu) + \mu \zeta) + \eta \mu \zeta}, \\ p_{OS} = p_4 = \frac{\lambda \mu \zeta}{\lambda(\eta(\zeta + \mu) + \mu \zeta) + \eta \mu \zeta}. \end{cases} \quad (7)$$

Финальные вероятности состояний (7) показывают, с одной стороны, что чем больше интенсивность получения ζ и производительность обработки η полезных заявок, тем выше вероятности пребывания рабочей точки системы на стадиях обработки входных заявок и управления. Напротив, чем больше интенсивность поступления λ и производительность обработки μ деградирующих заявок, тем выше вероятности пребывания рабочей точки системы на стадиях формирования выходных воздействий, формирования и учета обратной связи.

Полученный результат свидетельствует о возможности проведения аналитического моделирования

на основе аппарата СМО и цепей Маркова компьютерных узлов, сопряженных с деградирующими и самовосстанавливающимися первичными измерителями. Это позволяет с минимальными затратами вычислительных ресурсов выдвигать гипотезы о необходимости ремонта и технического обслуживания компьютерных узлов и измерительных приборов.

Литература:

1. Чернышова Т.И. Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т.И. Чернышова, В.В. Третьяков // Вестник Тамбовского государственного технического университета, т. 21, № 2, 2015. С. 239–247.
2. Федотов А.И. Обоснование конструктивных изменений площадочных стендов для контроля тормозных систем автотранспортных средств с целью улучшения их метрологических характеристик / А.И. Федотов, В.Г. Власов // Вестник Иркутского государственного технического университета, № 12 (107), 2015. С. 295–301.
3. Шувалов Г.В. Исследование метрологических характеристик метода определения воды в нефтепродуктах / Г.В. Шувалов, К.О. Колесникова // Интерэкспо Гео-Сибирь, т. 6, 2005. С. 201–202.
4. Фафурин В.А. Влияние несимметричных местных сопротивлений на метрологические характеристики ультразвуковых преобразователей расхода / В.А. Фафурин, И.А. Яценко, Р.А. Тырышкин // Вестник Казанского технологического университета, № 23, 2011. С. 146–151.
5. Исаев И.А. Исследование метрологических характеристик ультразвукового счетчика газа на эталонных расходоизмерительных установках / И.А. Исаев, Д.Р. Хакимов, А.И. Горчев, Р.И. Ганиев // Вестник Казанского технологического университета, т. 15, № 18, 2012. С. 239–244.
6. ГОСТ Р 22.1.14-2013. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы информационно-вычислительные структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Технические требования. Методы испытаний.
7. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга.
8. ГОСТ Р 22.1.12-2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.
9. Ткаченко К.С. Поточно-структурный подход к построению распределенных сред систем мониторинга / К.С. Ткаченко, И.А. Скатков // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 9 (29). С. 41–44.
10. Ткаченко К.С. Модель функционирования первичного измерителя в условиях тренда метрологических характеристик / К.С. Ткаченко, И.А. Скатков, А.А. Скидан // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик. 2017. С. 1349–1353.
11. Левенчук А.И. Системноинженерное мышление в управлении жизненным циклом / А.И. Левенчук. М.: TechInvestLab, 2014. 306 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧАХ ПОСТРОЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК
ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**
**APPLICATION OF BAYESIAN APPROACH TO PROBLEM OF CONSTRUCTING STATISTICAL ESTIMATES DURING
THE DEALING THE TESTING RESULTS OF THE MEASURING EQUIPMENT**

*Хайруллин Р.З., д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России*
*Khayrullin R.Z., d.ph.-m.s., Moscow State (National Research) University of Civil Engineering, FSBI «MSMC»
of the Ministry of Defense of the Russian Federation*
e-mail: 32gnii@mil.ru, tel. 8(498)684-75-67

Исследуется проблема повышения точности и достоверности измерений за счет использования апостериорной информации. Представлен пример применения Байесовского подхода в условиях возможности получения дополнительной информации и ее использования с целью построения эффективных оценок точности измерения.

The problem of increasing the accuracy and reliability of measurements through the use of a posteriori information is investigated. An example of the application of the Bayesian approach in the conditions of the possibility of obtaining additional information and its use in order to build effective estimates of measurement accuracy is presented.

Ключевые слова: точность и достоверность измерений, байесовский подход, апостериорная информация.

Keywords: measurement accuracy and reliability, Bayesian approach, a posteriori information.

Байесовские методы широко применяются в теории и практике проведения проверок измерительной техники [1–4]. Предлагаемая статья посвящена применению байесовского подхода [5–15] для построения эффективных статистических оценок параметров нормального закона распределения. Подход основан на совместном использовании априорной и апостериорной информации об исследуемом процессе или объекте. При этом апостериорная информация используется для уточнения статистических оценок точности измерений, полученных по результатам обработки априорной информации.

Особенно заметные преимущества (по сравнению с классическим методом максимального правдоподобия) с точки зрения точности получаемых статистических выводов байесовские методы имеют в условиях относительно малых выборок, что весьма характерно при проведении испытаний уникальных образцов измерительной техники.

Логическая схема байесовского подхода. Пусть закон распределения некоторой случайной величины зависит от S – мерного вектора параметров $\Theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)^T$. Компонентами такого вектора параметров могут быть, например, среднее значение случайной величины, дисперсия, интенсивность потока и т.д. Требуется построить наилучшую, в определенном смысле, статистическую оценку Θ этого вектора параметров по имеющимся k – мерным наблюдениям $\bar{X} = (x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(k)})$, $i=1, 2, \dots, n$. Верхний индекс T , здесь и в дальнейшем, означает операцию транспонирования вектора или матрицы. Прописными буквами будем обозначать векторные величины, строчными буквами

будем использовать для обозначения одномерных (возможных или наблюдаемых) значений анализируемых случайных величин, а чертой сверху будем обозначать матрицы (векторы, компонентами которых являются также векторы).

Априорная информация представляет собой функцию распределения вероятностей, в которую входит вектор неизвестных параметров. Предполагается, что эта информация получена до начала сбора статистических данных. По мере поступления новых статистических данных функция распределения уточняется. При определенных предположениях происходит переход от априорного распределения A_i к апостериорному $A_i|B$ с использованием известной формулы Байеса [5].

$$\tilde{\rho}(A_i|B) = \frac{P(A_i) \cdot P(B|A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot P(B|A_i)} \quad (1)$$

Общая логическая схема байесовского метода оценивания значений параметров распределения представлена на рисунке 1:

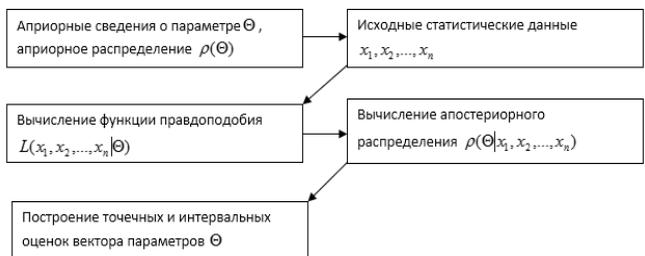


Рисунок 1 – Общая логическая схема байесовского подхода в статистическом оценивании

$\rho = const$. Значения $const$ выбраны таким образом, чтобы объем верхней отсекаемой части фигуры, задающей плотность распределения $\rho(\theta; h)$, равнялся 0,95 и 0,975, соответственно. Отметим, что с увеличением n доверительные области будут становиться все более похожими на эллипсы, поскольку гамма – нормальное распределение будет стремиться к двумерному нормальному закону. Отметим также, что в настоящее время в научной литературе, например [16,17], описаны и реализованы методы построения доверительных областей, имеющих формы эллипсов, прямоугольников, эллипсоидов и т.д.

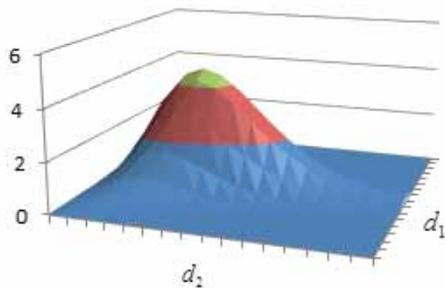


Рисунок 2 – Общий вид гамма-нормального распределения

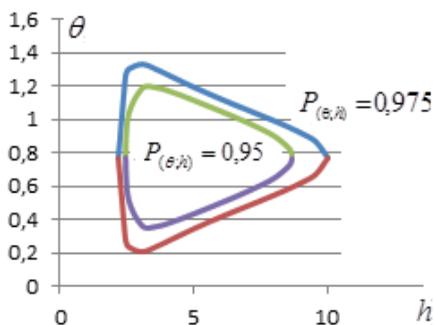


Рисунок 3 – Доверительная область в плоскости параметров “среднее значение – точность”

Заключение и обсуждение результатов. Использование априорной информации о неизвестном параметре (неизвестных параметрах) позволяет уточнять статистические оценки. В рассмотренных примерах Байесовский подход позволил сузить интервальные оценки по сравнению с классическим подходом в полтора – два раза.

Байесовский подход может давать ощутимый выигрыш в точности при ограниченных объемах и количествах выборок по сравнению с традиционным «частотным подходом» (методом максимального правдоподобия). Указанное обстоятельство делает предложенный метод особенно эффективным в задачах оценки метрологических характе-

ристик измерительных комплексов и средств измерений, в случае, когда многократное повторение испытаний представляется обременительным или невозможным. С увеличением же объема и количества выборки оба подхода будут давать, в силу их состоятельности, все более похожие результаты.

Литература:

1. Сычев Е.И. Оценка эффективности и параметрический синтез метрологического обеспечения радиоаппаратуры. – Москва. МО СССР. 1984. 386 с.
2. Сурду. М.Н. Вариационный метод калибровки измерителей импеданса. Ч. 1,2. Метрология. № 2 2019. С. 27–44. Метрология № 2. 2019.
3. Кузнецов В.А., Исаев Л.К., Шайко И.А. Метрология. Москва. Стандартинформ. 2005. 298 с.
4. Сычев Е.И., Храменков В.Н., Шкитин А.Д. Основы метрологии военной техники. – М.: Военное издательство. 1993. 400 с.
5. Айвазян С.А. Байесовский подход в эконометрическом анализе. Прикладная эконометрика № 1(9) 2008. С. 93–130.
6. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. (2001). Прикладная статистика и основы эконометрики. Том 1: Теория вероятностей и прикладная статистика. Издание 2-е. Юнити.
7. Lancaster A. (2004). An Introduction to Modern Bayesian Econometrics. Blackwell Pub.
8. Ghosh S.K., Hajra S., Paek A., Jayaram M. Mechanisms for chromosome and plasmid segregation. Annu Rev Biochem 75:211–41.
9. Tipping M. Sparse Bayesian Learning. Journal of Machine Learning Research, 1, 2001, pp. 211–244.
10. Kropotov D., Vetrov D. Optimal Bayesian Classifier with Arbitrary Gaussian Regularizer Proc. of 7th Open German-Russian Workshop on Pattern Recognition and Image Understanding (OGRW-7-2007), 2007.
11. Kropotov D., Vetrov D. On One Method of Non-Diagonal Regularization in Sparse Bayesian Learning. Proc. of 24th International Conference on Machine Learning (ICML'2007), 2007.
12. Vapnik V.N. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer, 1995.
13. Maxwell Chickering D., Heckerman D., Meek C. Bayesian Approach to Learning Bayesian Networks with Local Structure // Microsoft Research Redmond WA. 1998.p.
14. Бидюк П.И., Терентьев А.Н. Построение и методы обучения Байесовских сетей. Таврический вестник информатики и математики. № 2. 2004. С. 1–3.
15. Кендалл М.Г., Стьюарт А. Статистические выводы и связи, пер. с англ., М., 1973.
16. Сюсина О.М., Черницов А.М., Тамаров В.А. Построение доверительных областей в задаче вероятностного исследования движения малых тел солнечной системы. Астрономический вестник. 2012, том 46, № 3, с. 209–222.
17. Вишняков Б.В., Егоров А.И. Построение доверительных областей для траекторий движения объектов в задачах машинного зрения. Известия РАН. Теория и системы управления. 2013, № 3, с. 124–132.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ
CONCEPTUAL MODEL OF INFORMATION-MANAGEMENT SYSTEM OF DECISION MAKING SUPPORT IN THE PROCESS OF TEST SPACE VEHICLES BASED ON PRECEDENTS

Иванов И.Г. в/ч 32103
 Ivanov I.G.
 e-mail: igorivanov-90@yandex.ru

Рассмотрена возможность применения метода на основе прецедентов (накопленного опыта) в системах поддержки принятия решений при проведении государственных испытаний образцов космических средств. Основное внимание уделено формированию структурной схемы базы прецедентов и возможности применения метода рассуждений на основе прецедентов в системе поддержки принятия решений в процессе испытаний космических средств. Предложенный аппарат предлагается использовать для автоматизации процессов анализа испытаний и оперативного поиска разрешения нештатных и аварийных ситуаций при испытании космических средств.

The possibility of applying methods based on precedents (accumulated experience) in decision support systems during state tests of spacecraft samples is considered. The main attention is paid to the formation of a structural diagram of the use case bases and the possibility of applying the reasoning method based on use cases in the decision support system in the spacecraft testing process. The proposed apparatus is proposed to be used to automate the processes of test analysis and the operational search for the resolution of emergency and emergency situations during the testing of space vehicles

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, прецедент, космическое средство, испытания, база данных.

Keywords: decision support system, precedent, space vehicle, tests, database.

Введение.

В современных условиях сложной военно-политической обстановки и санкций возникает необходимость создания специальных средств, методов, моделей, информационных технологий, обеспечивающих высокое качество создаваемых образцов космических средств (КСр) на всех этапах жизненного цикла вооружения и военной техники.

Ситуация обостряется и с техническим усложнением и повышением наукоемкости КСр – бортовых специальных систем и комплексов, систем управления движением, систем терморегулирования, бортовых и наземных командно-измерительных систем, систем контроля, мониторинга и диагностики.

Существующие подходы к решению проблемы информационного сопровождения процессов испытаний КСр (как научно-теоретические так и применяемые на практике предприятиями военно-промышленного комплекса) решают большую часть задач области исследования, однако, не предполагают их системной проработки и не дают обобщенных рекомендаций по интеграции современных средств автоматизации в единую информационную среду испытательной организации, в частности которой является и Главный испытательный космический центр Министерства обороны Российской Федерации имени Г.С. Титова (ГИКЦ).

Существующие системы поддержки принятия решений (СППР) непосредственно связаны с актуальной в области искусственного интеллекта (ИИ) проблемой моделирования правдоподобных рассуждений, так называемых рассуждений «здорового

смысла» [1, 2]. Использование рассуждений в СППР для мониторинга и управления такими сложными техническими объектами как КСр и процессами различной природы позволит осуществлять оперативный анализ проблемной ситуации и помочь лицам, принимающим решения (ЛПР), в качестве которых выступают эксплуатирующий персонал испытательной организации, члены главных оперативных групп управления, разработчики образцов КСр, находить адекватные и эффективные управляющие воздействия с целью разрешения нештатных и аварийных ситуаций. Задачи по оперативному руководству испытаниями и отработкой программ летных (государственных) испытаний КСр, контролю выполнения работ, организации взаимодействия эксплуатирующего персонала и представителей промышленности, анализу выполнения программы испытаний, разработке и выдаче рекомендаций по восстановлению функционирования образца КСр при возникновении аварийных и нештатных ситуаций требуют принятия оперативных решений на основе прецедентов для СППР. Подобные СППР смогли бы помочь автоматизировать процесс парирования нештатных (аварийных) ситуаций при проведении испытаний перспективных образцов КСр.

Летные испытания космических систем и комплексов (КС (КК), как наиболее продолжительный и ответственный этап жизненного цикла, могут задавать условия для интеграции финансовых, организационных и технических ресурсов в единую СППР на основе прецедентов, позволяющую оценивать техническое состояние КСр как на

Заключение.

В ходе проведенного исследования было установлено, что поддержка принятия решений при проведении государственных испытаний образцов КСр на основе прецедентов позволяет решать слабо форматизированные задачи контроля и оценки технического состояния КСр, упростить получение знаний от экспертов, сократить время поиска решения и реализовать самообучение информационно-управляющей СППР в процессе испытаний КСр на основе прецедентов.

Предложена структурная схема концептуальной модели информационно-управляющей системы поддержки принятия решений в процессе испытаний космических средств на основе прецедентов, которая, благодаря наличию механизма рассуждений на основе прецедентов в системе экспертного диагностирования, позволит своевременно и более качественно осуществлять контроль технического состояния КСр, и даст возможность принимать адекватные решения с целью разрешения проблемных ситуаций. Применение СППР будет способствовать уменьшению информационной нагрузки на ЛПР в процессе принятия решений, снижению влияния факторов субъективности при анализе текущей ситуации, повышению оперативности принятия решения на этапе испытаний КСр при контроле технического состояния КСр.

Предложенный аппарат предлагается использовать для автоматизации процессов анализа испытаний и оперативного поиска разрешения нештатных и аварийных ситуаций при испытании КСр.

Литература:

1. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. М.: Радио и связь, 1989. – 184 с.
2. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. 2-е издание / В.Н. Вагин, Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская [и др.] // под ред. В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 712 с.
3. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches // *AI Communications*. – 7, Issue 1. – 1994. – P. 39–59.
4. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // *Искусственный интеллект и принятие решений*. – 2009. – № 1. – С. 45–57.
5. ГОСТ Р 50.1.032–2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 2. Применение стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303. – М., Госстандарт России, 2001. 6 с.
6. Юдин В.Н., Карпов Л.Е., Ватазин А.В. Методы интеллектуального анализа данных и вывода по прецедентам в программной системе поддержки врачебных

решений, М., Альманах клинической медицины, 2008, т. 17, часть 1. – с. 266–269.

7. Bonzano A., Cunningham P., Smyth B. Using introspective learning to improve retrieval in CBR: A case study in air traffic control, ICCBR'97, Rhode Island, USA, July 1997.

8. Соболев Ю.М. Конструктор и экономика: ФСА для конструктора / Ю.М. Соболев. – Пермь: Кн. изд-во, 1987. – 102 с.

9. Использование прецедентов для обоснования мероприятий по предотвращению отказов механических систем / А.Ф. Берман, О.А. Николайчук, А.И. Павлов [и др.] // Труды 11-й национальной конференции по ИИ с международным участием (КИИ-2008, г. Дубна, Россия). В 3-х т., т. 2. М.: 2008. С. 106–113.

10. Иванов И.Г. Обоснование экспертного метода оценки характеристик объекта космической системы (комплекса) // Всероссийский форум научной молодежи «Богатство России»: сборник докладов / Минобрнауки Российской Федерации, МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С 7–8.

11. Иванов И.Г., Бондарева М.К., Иванов К.С. Вопросы нормативно-технического обеспечения государственных испытаний космических средств // Современные проблемы создания и эксплуатации ВВСТ: сб. статей III Всероссийской НПК ВКА им. А.Ф. Можайского. 2016. Т. 1. – СПб.: Изд-во ВКА им. А.Ф. Можайского, 2016. С 307–311.

12. Иванов И.Г., Бондарева М.К. Методический подход к обоснованию рационального состава общих технических требований к средствам наземного автоматизированного комплекса управления при испытаниях космических систем и комплексов // Вопросы контроля хозяйственной деятельности и финансового аудита, национальной безопасности, системного анализа и управления: Сборник материалов III Всеросс. науч.-практ. конф. г. Москва, 29 декабря 2017. – М.: ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2018. С. 110–112.

13. Иванов И.Г., М.К. Бондарева, Г.Г. Ступак и др. Эвристический подход к рациональному выбору общих технических требований к средствам наземного автоматизированного комплекса управления при испытаниях космических систем и комплексов // *Ракетно-космическое приборостроение и информационные технологии*. 2018. Сборник трудов IX Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» (5–7 июня 2018 г.) / Под ред. д.т.н., проф. А.А. Романова. – М.: АО «Российские космические системы», 2018. С 321–332.

14. Иванов И.Г., Е.Э. Филиппсикх, А.В. Кокорев и др. Предложения по автоматизации деятельности органов военного управления путем реализации методов и алгоритмов искусственного интеллекта в части сбора, обработки и анализа информации неструктурированных (слабоструктурированных) данных // *Научно-технический журнал «Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму»*, выпуск 7–8, 2019 год. С 133–134.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕР ДЛИНЫ КОНЦЕВЫХ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ
ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИНЫ СИСТЕМОЙ ЛАЗЕРНОЙ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
APPLICATION OF END PLANE-PARALLEL LENGTH MEASURES FOR ESTIMATION OF LENGTH MEASUREMENT
ERROR BY LASER COORDINATE MEASURING SYSTEM**

*Савкин К.В., к.т.н., ФГУП «ВНИИОФИ», Корнилов С.В., к.т.н., Конюхов М.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Savkin K.V., k.t.s., FSUE «VNIIOFI», Kornilov S.V., k.t.s., Konyukhov M.A., FGBU GNMC Russian Defense Ministry
тел. 8-495-583-23-44, 8-495-583-52-48
e-mail: kornilov.sergey@gmail.com; konyukhov.mixail@mail.ru*

Предложен метод определения погрешности измерений длины системой лазерной координатно-измерительной с использованием эталонных мер длины концевых плоскопараллельных

A method is proposed for determining the error of length measurements by the laser coordinate measuring system using standard measures of length of end plane-parallel

Ключевые слова: погрешность измерений, система лазерная координатно-измерительная, меры длины концевые плоскопараллельные

Keywords: measurement error, laser coordinate measuring system, plane-parallel length measures

Для передачи единиц длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ м и плоского угла в диапазоне от 0 до 360° эталонам низших разрядов и рабочим средствам измерений (СИ) на местах их применения в настоящее время применяются лазерные координатно-измерительные системы (далее – ЛКИС). Например, в состав эталона-переносчика единиц длины и плоского угла ЭП-35-52 входит ЛКИС АР1 Tracker 3 [1], предназначенная для измерений перемещений, а также определения, на их основе, геометрических и динамических параметров элементов конструкций и сооружений.

Основными метрологическими характеристиками (МХ) ЛКИС в соответствии с эксплуатационно-технической документацией являются:

1) диапазон измерений расстояний от $1 \cdot 10^{-3}$ до 40 м;

2) предел допускаемой средней квадратической погрешности (СКП) измерений расстояний $(10+1 \cdot L)$ мкм, где L – измеряемое расстояние, [м].

МХ ЛКИС проверяются при проверке с использованием компаратора лазерного интерференционного [2]. Однако, учитывая специфику применения ЛКИС на выезде, связанную с постоянными перевозками ав-

томобильным, железнодорожным транспортом или авиаперевозками к местам эксплуатации высокоточных спутниковых и геодезических СИ, подлежащих поверке, при развертывании ЛКИС на месте применения необходимо проводить проверку его МХ с целью обеспечения достоверности результатов передачи единицы длины. Данную проверку невозможно провести с использованием компаратора лазерного интерференционного, ввиду его отсутствия на местах применения ЛКИС.

В связи с вышеизложенным, был разработан метод определения СКП измерений ЛКИС расстояний, основанный на использовании мер длины концевых плоскопараллельных (концевых мер) 1 разряда по ГОСТ Р 8.763 и пластины стальной вспомогательной по ГОСТ 8.367 (пластины), которые можно перевозить вместе с ЛКИС к местам его применения.

В основу метода положено определение длины концевых мер в любой точке по ГОСТ 9038 как длины перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности меры длины на ее противоположную измерительную поверхность. Принцип метода заключается в сравнении номинального разме-

ра меры длины со значением ее длины, измеренным ЛКИС.

Раскроем суть метода подробнее.

Мера длины с притертой к одной из ее измерительных поверхностей пластиной изображена на рисунке 1.

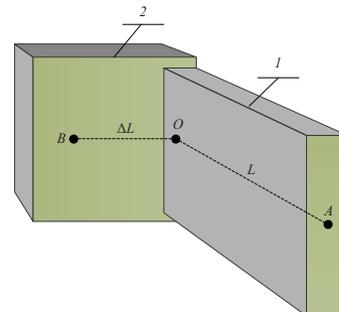


Рисунок 1 – Мера длины с притертой к измерительной поверхности пластиной: 1 – мера; 2 – пластина; А – точка на свободной измерительной поверхности меры, на которой размещается отражатель ЛКИС; В – точка на рабочей поверхности пластины, на которой размещается отражатель ЛКИС; О – точка пересечения рабочей поверхности пластины с перпендикуляром, опущенным со свободной измерительной поверхности меры через точку А; L – расстояние между точками А и О – действительная длина меры; ΔL – расстояние между точками О и В

Концевую меру с пластиной необходимо расположить на линии визирования ЛКИС свободной измерительной поверхностью,

$$\Theta_3 = L_A - \sqrt{L_A^2 - \frac{1}{4}d_o^2}, \quad (8)$$

где d_o – диаметр объектива ЛКИС.

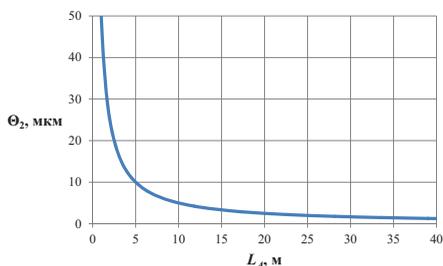


Рисунок 3– Составляющая систематической погрешности несовмещения визирной оси ЛКИС и линии ОА (рис. 1)

3) Θ_3 – составляющая систематической погрешности определения постоянной поправки ΔL (рисунок 4):

$$\Theta_3 = \left| \sqrt{\frac{b^2}{4} + L_A^2} - L_A \right|. \quad (9)$$

Систематическая погрешность метода определялась по формуле (10):

$$\Theta = K \sqrt{\Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2}. \quad (10)$$

где K – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью; при доверительной вероятности 0,95 $K=1,1$.

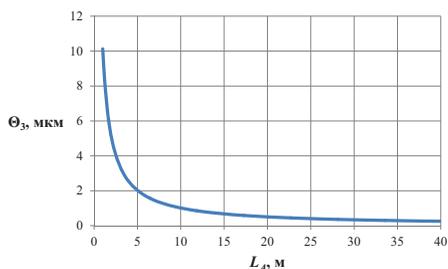


Рисунок 4 – Составляющая систематической погрешности определения постоянной поправки ΔL

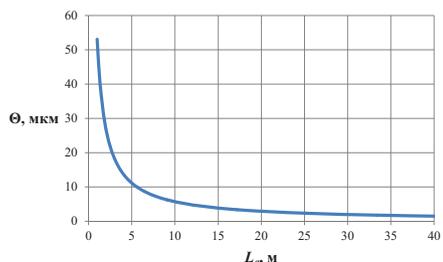


Рисунок 5– Систематическая погрешность метода определения СКП измерений ЛКИС длины с использованием концевой меры номинальной длиной 1 м 1 разряда по ГОСТ Р 8.763 и пластины класса точности 00

На рисунке 5 приведены результаты расчета систематической погрешности метода определения СКП измерений ЛКИС длины с использованием концевой меры номинальной длиной 1 м 1 разряда по ГОСТ Р 8.763 и пластины класса точности 00.

Из полученных результатов видно, что для обеспечения соотношения погрешностей эталонного и поверяемого СИ $\frac{1}{3}$, предложенный метод применим на расстояниях от ЛКИС до меры длины от 6 до 60 м.

Результаты опробования предложенного метода определения погрешности измерений расстояний ЛКИС с использованием концевых мер длины и пластины из состава военного эталона единицы длины ВЭ-52 представлены в таблице.

Таблица – Результаты экспериментального определения СКП измерений ЛКИС расстояний с использованием мер длины и пластины

Номинальный размер меры длины, м	СКП измерений ЛКИС расстояний, мкм				
	6 м	10 м	20 м	30 м	40 м
$1 \cdot 10^{-3}$	12,0	15,2	28,2	38,2	49,0
0,1	12,2	15,4	28,6	38,4	49,4
0,5	13,0	16,0	29,4	38,8	49,6
1	15,0	18,0	29,8	39,2	49,8
Предел допускаемой СКП измерений ЛКИС расстояний, мкм	16	20	30	40	50

Как видно из таблицы, результаты экспериментального определения СКП измерений ЛКИС расстояний с использованием концевых мер длины и пластины подтверждают результаты теоретических исследований.

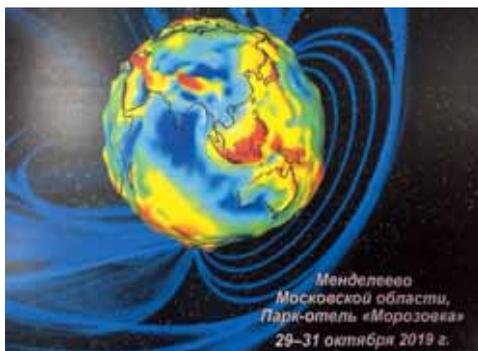
Таким образом, разработан и опробован метод определения СКП измерений ЛКИС АРІ Tracker 3 расстояний в диапазоне от 6 до 40 м с использованием мер длины концевых плоскопараллельных 1 разряда по ГОСТ Р 8.763 и пластины стальной вспомогательной по ГОСТ 8.367 класса точности 00, который может применяться на выезде, например выездными метрологическими группами, эксплуатирующими эталон-переносчик единиц длины и плоского угла ЭП-35-52, при разворачивании ЛКИС на месте применения с целью обеспечения достоверности результатов передачи единицы длины поверяемым СИ. Погрешность предложенного метода не превышает $\frac{1}{3}$ допускаемой СКП измерений ЛКИС АРІ Tracker3 расстояний. Аналогично может быть определена СКП измерений расстояний другими ЛКИС.

Литература:

1. Система лазерная координатно-измерительная АРІ Tracker3. Описание типа средства измерений. Регистрационный номер 58280-14.
2. МП 2511-0005-2013. Система лазерная координатно-измерительная АРІ Tracker3. Методика поверки, утвержденная руководителем ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2013 г.

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ: КОНФЕРЕНЦИЯ ФГУП «ВНИИФТРИ»
 NEW TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF NAVIGATIONS: CONFERENCE FSUE VNIIFTRI**

Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ», Храменков В.Н., д.т.н., профессор, Вышков В.А., д.т.н., профессор,
 ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Романова Т.А. ФГУП «ВНИИФТРИ»
 Denisenko O.V., d.t.s., FSUE VNIIFTRI, Khramenkov V.N., d.t.s., professor, Vyshlov V.A., d.t.s., professor,
 FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia, Romanova T.A., FSUE VNIIFTRI



29–31 октября 2019 г. в Менделеево Московской области проходила II научно-техническая конференция «**Навигация по гравитационному и магнитному полям Земли. Новые технологии**». Организатором конференции выступил ФГУП «ВНИИФТРИ» Росстандарта совместно с Научным советом РАН по проблеме «Координатно-временное и навигационное обеспечение».

Работа конференции проходила по следующим основным научно-техническим направлениям:

- методы и средства комплексной навигации с использованием геофизических полей;
- методы и средства уточнения моделей гравитационного и магнитного поля Земли, геоцентрической системы координат и высотной основы;
- измерительные технологии в гравитационно-волновой астрономии;
- квантовые технологии гравиметрии, магнитометрии и гироскопии;
- новые технологии космической гравиметрии и магнитометрии;
- методы и средства метрологического обеспечения гравиметрических и магнитометрических измерений.

Спикерами конференции выступили российские и зарубежные ученые из ведущих научных организаций мира. Среди них – лауреат Государственной премии Российской Федерации, д.ф.-м.н., профессор **Валерий Митрофанов**, лауреат Государственной премии Российской Федерации, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор **Владислав Пустовойт**, генеральный конструктор ГЛОНАСС к.т.н. **Сергей Карутин**.

В научных докладах участников конференции были освещены темы навигации по геофизическим полям, измерительных технологий в гравитационно-волновой астрономии, новых технологий космической гравиметрии и магнитометрии, а также методы и средства метрологического обеспечения гравиметрических и магнитометрических измерений.

Всего в работе конференции приняло участие более 150 участников из 77 организаций.



Конференция проходила на базе ФГУП «ВНИИФТРИ» в течение трех дней. Мероприятие является регулярным и неизменно привлекает внимание специалистов в области навигации и ученых, занятых вопросами изучения и исследования характеристик и свойств геофизических полей Земли. Основными вопросами конференции стали перспективы и проблемы создания ассистирующей навигационной системы для действующих сегодня спутниковых систем, в частности, ГНСС ГЛОНАСС. Такие «ассистенты» помогут определять местоположение объекта независимо от условий: под землей, под водой, в туннелях и т.д., а также, обладая почти абсолютной помехоустойчивостью, станут гарантом стабильности прохождения сигнала от спутников до приемника на Земле. Поэтому ежегодное проведение мероприятий, посвященных созданию комплексных навигационных систем, позволяет ученым представить результаты своих исследований, обсудить актуальные проблемы, а также определить наиболее перспективные методы и средства для создания навигации будущего.

«Несомненно, это очень важное мероприятие. В последние годы технологиям в области навигации уделяется все больше внимания. И отрадно, что локомотивом в этой области является ВНИИФТРИ. Широкий круг специалистов и ученых, которые посетили конференцию, говорит о большом интересе к результатам научной и практической работы в этой сфере. Проведение таких ежегодных мероприятий очень полезно для обмена опытом и «сверки часов», которые необходимы для успешной цифровизации нашей промышленности», – отметил заместитель руководителя Росстандарта **Сергей Голубев**.

В приветственном слове участникам конференции Генеральный директор ФГУП «ВНИИФТРИ» **Сергей Донченко** отметил, что «...сегодня наука стоит на пороге нового технологического витка, в основе которого лежат квантовые технологии».

Последние научные исследования свойств гравитационных полей открывают широкие возможности их использования в самых разных сферах деятельности. Одним из самых перспективных направлений является создание новых систем позиционирования на основе свойств гравитации. Научно-технические возможности ВНИИФТРИ сегодня позволяют развивать это направление, и мы этим активно занимаемся. Новые системы позиционирования будут дополнять уже существующие, что значительно повысит их точность. Сегодня мы уже не представляем своей жизни без системы ГНСС ГЛОНАСС. Многие приложения работают с опорой на эту систему. И на основе реально имеющейся технологической базы можно построить ассистирующие системы, которые помогут решить насущные и перспективные проблемы в этой области. Главное – не упустить момент, когда действительно возможен потрясающий прогресс».

«Сегодня мы смогли заглянуть в завтрашний день. Несмотря на то, что некоторые вопросы конференции звучат очень приземленно, ответы на них – прямой путь в будущее. Мы не просто обменялись опытом. Все озвученные темы послужат фундаментом для новых государственных программ и научных направлений Российской академии наук», – отметил заведующий лабораторией лазерных интерферометрических измерений Государственного Астрономического Института имени П.К. Штернберга МГУ **Вадим Милюков**.

На пленарном заседании, состоявшемся в первый день конференции, были заслушаны пять докладов.

В докладе **С.Н. Карутина** были рассмотрены вопросы повышения помехоустойчивости средств

навигации по искусственному полю сигналов КА ГЛОНАСС для повышения их высоких точностных характеристик

Современный уровень помехоустойчивости навигационной аппаратуры, используемой для высокоточных навигационных определений и временной синхронизации, составляет до 30 дБ для маскирующих помех, а вероятность сохранения работоспособности при воздействии имитационной помехи близка к нулю. Проводимые в настоящее время исследования показывают, что повышение помехоустойчивости до 90 дБ и более возможно путем создания приемных устройств ГЛОНАСС с пространственно-временной селекцией постановщиков помех, комплексированием их и средств автономной навигации, в том числе с датчиками определения аномалий естественных геофизических полей.

В докладе **С.И. Донченко, О.В. Денисенко** и др. обсуждались проблемы развития бесшовной ассистирующей технологии навигации в ГНСС ГЛОНАСС на основе измерений параметров геофизических полей. В последние годы активно развиваются технологии комплексных систем бесшовной навигации на базе ГНСС ГЛОНАСС, основанные на дополнительном использовании корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС) по гравитационному и магнитному полям Земли (ГПЗ и МПЗ). Такие комплексные системы обладают более высокой устойчивостью и точностью в условиях, когда уровень сигналов ГНСС либо существенно снижается (в горных ущельях, туннелях, закрытых помещениях), либо пропадает полностью (под землей, под водой, в условиях помех).

В докладе были представлены результаты исследований проблем создания бесшовных комплексных систем навигации, включающих в свой состав БИНС, НАП ГЛОНАСС, а также корреляционно-экстремальные системы навигации (КЭНС), использующие результаты измерений параметров ГПЗ и МПЗ.

Исследования проблем создания комплексных систем устойчивой бесшовной навигации проводились по следующим направлениям:

- подготовка навигационно-гравиметрических карт с использованием наземных и космических гравитационных измерений;
- создание высокоточных датчиков параметров ГПЗ и МПЗ, в том числе с использованием перспективных оптических, атомных и квантовых измерителей, а также измерителей, использующих новейшие лазерные технологии гравитационно-волновых антенн;

– развитие теории квантовых измерений, теории КЭНС, а также релятивистских методов геодезии и гравиметрии;

– создание макета комплексной системы навигации и исследование характеристик ее точности.

В докладе рассмотрен способ повышения точности подготовки навигационно-гравиметрических карт для удаленных территорий путем использования цифровых карт рельефа и их верификации с помощью измерений параметров ГПЗ. Для повышения дискретности карт предложено использование созданного специалистами ФГУП «ВНИИФТРИ» астроизмерителя уклонения отвесной линии, который имеет более высокую точность, чем существующие отечественные аналоги. В качестве развития методов космической съемки ГПЗ предлагается более широкое использование возможностей ГНСС ГЛОНАСС для измерений гравитационных ускорения и градиента, а также измерений в бистатической космической системе радиолокации, использующей сигналы ГНСС ГЛОНАСС, отраженные от поверхности океана.

Также в докладе приведены результаты анализа новых оптических измерительных технологий, используемых при создании наземных и космических гравитационно-волновых антенн: модифицированных интерферометров Фабри-Перо, новых отражающих зеркал и др. Рассматриваются также варианты применения результатов, полученных при создании гравитационно-волновых антенн, лазерных гравиметров и градиентометров, что позволит повысить точность лазерных измерений на 4–5 порядков.

В целом, как отмечается в докладе, предлагается проект отечественной лазерной космической гравитационно-волновой антенны, основанной на использовании кластера космического аппарата, использующего орбиту и технологии системы ГЛОНАСС.

В настоящее время для оценки точности перспективной комплексной системы навигации на основе геофизических полей создана ее программно-математическая модель. Она позволяет оценить потенциальную точность системы при различных условиях эксплуатации.

В докладе **Н.Н. Колачевского** «Ультрахолодные атомы в задачах перспективной гравиметрии» было обращено внимание на то, что в последние десятилетия ультрахолодные атомы и ионы превратились из самостоятельного объекта исследований в мощный инструмент, который позволяет реализовывать широкий спектр научных и практических задач. К ним относятся создание сверх-

стабильных стандартов времени и частоты, сенсоры, квантовые вычислители и т.д.

С их помощью можно существенно повысить точность гравитационного потенциала и его производных, определение градиентов гравитационного поля, а также решать задачи уточнения карт геопотенциала и модели геоида.

Новые методы измерения параметров гравитационного поля основываются на квантовых свойствах атомов и взаимодействия с ними лазерного излучения. Современные баллистические гравиметры на волнах материи демонстрируют точность 2 мкГал, кратковременное разрешение 6 мкГал на времени одна минута. Схожим методом можно также измерять ускорение, скорость вращения и градиенты поля.

В свою очередь, уменьшение относительной погрешности и нестабильности частоты оптических часов вплоть до 10^{-18} и реализация оптических линий сличения открывают возможность определения разности высот с погрешностью около 1 сантиметра после нескольких часов усреднения. Это формирует направление релятивистской геодезии в перспективе с широким распространением транспортируемых оптических стандартов частоты, что может стать серьезной альтернативой существующим геодезическим методам.

В докладе **В.П. Митрофанова** «Проблемы детектирования гравитационных волн и создание нового поколения гравиметров» отмечалось, что с момента регистрации гравитационных волн от сливающихся черных дыр прошло уже четыре года, но гравитационно-волновые детекторы LIGO и присоединившийся к ним европейский детектор Virgo продолжают работу. За это время были зарегистрированы новые сигналы от столкновений и слияний черных дыр и нейтронных звезд, происходящих в далеком космосе.

За прошедшее время была проведена модернизация этих детекторов, что позволило существенно повысить их чувствительность.

Пленарный доклад **В.К. Милюкова** «Новые измерительные технологии в космическом детекторе гравитационных волн TIANQIN» был посвящен идее создания гравитационно-волнового детектора космического базирования, который должен быть реализован на трех идентичных космических аппаратах, размещенных на почти идентичных геоцентрических орбитах с большой полуосью около 10^5 километров и формирующих почти равносторонний треугольник.

Основная цель проекта TIANQIN состоит в наблюдении и регистрации гравитационных волн

в частотной области от 10^{-4} до 1 Гц, где гравитационные детекторы, расположенные на Земле, ограничены земными шумами.

Практическая реализация проекта началась в двух университетах Китая при участии ряда научных и промышленных организаций. Создан также международный наблюдательный совет проекта TIANQIN и прорабатывается возможный формат российско-китайского сотрудничества по проекту по линии сотрудничества Госкорпорации «Роскосмос» и Китайской национальной космической администрации CNSA. Создание космического гравитационно-волнового детектора планируется в течение 15–18 лет, а его бюджет на текущий момент оценивается в 1,5 млрд. долларов.

Программа конференции также включала представление стендовых докладов в секциях «Новые технологии в гравиметрии» и «Системы навигации на основе геофизических полей», где специалисты рассказывали о разработанных ими приборах, средствах и методах для решения задач в обозначенной области конференции.

Специалисты ВНИИФТРИ рассказали участникам конференции о своих наиболее перспективных сверхточных разработках для изучения свойств геофизических полей Земли и возможностях их дальнейшего использования при построении новых систем навигации. На стендовых докладах были представлены мобильные оптические часы для гравитационных измерений на Земле и в космосе, лазерный интерферометр для измерения смещенных пробных масс, вызванных воздействием гравитационных сил, модуляционный гравитационный вариометр и др.

В заключительный день конференции было принято решение. В решении конференции участники отметили, что традиционный метод решения навигационных задач на основе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) имеет ряд ограничений в особых условиях применения: в закрытых помещениях, под водой и под землей, а также при наличии внешних помех. Требованиям потребителя в особых условиях применения удовлетворяют гравитационные корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС), использующие текущую информацию о параметрах ГПЗ и МПЗ. При этом методы постановки помех гравитационным и магнитным КЭНС неизвестны.

В настоящее время в России имеются разработки гравитационных систем навигации, однако они применимы лишь для малоинерционных объектов, перемещающихся в ограниченных областях пространства. Для высокодинамичных объектов, пере-

мещающихся по протяженным маршрутам, имеющиеся гравитационные КЭНС не обеспечивают требуемой точности навигации. При этом имеется научный задел по созданию модели потенциала ГПЗ (степени и порядка около 700), созданы стандарты частоты и времени (СЧВ) с относительной нестабильностью 10^{-17} , создан Государственный первичный специальный эталон единицы ускорения в гравиметрии, имеются измерители первичных геодезических параметров (комплекс РСДБ «КВАЗАР-КВО»), установки для лазерной локации спутников, сеть геодезических приемников сигналов ГЛОНАСС/GPS). Вместе с тем, имеющийся фундаментальный задел не обеспечивает высокоточное решение задачи навигации по гравитационному полю для высокодинамичных наземных, морских, воздушных и космических объектов.

Участники конференции отмечают, что требования к точности бортовых гравитационных измерителей, реализующих режим «бесшовной» навигации, на 1–2 порядка превышают возможности современных бортовых гравиметров и градиентометров. Необходимо создание малогабаритных и высокоточных датчиков ГПЗ, реализованных на новых оптических и атомных измерительных технологиях и способных работать в условиях бортовой вибрации.

Абсолютные баллистические гравиметры, реализованные на лазерных и атомных технологиях, способны обеспечить требуемую точность подготовки навигационно-гравиметрических карт. Вместе с тем мобильные варианты этих приборов, обладающих необходимой точностью, габаритами и массой, пока не созданы. Для реализации высокоточного квантового нивелира, использующего технологии релятивистской геодезии, и на его основе - российской сети «Квантовый футшток» необходимы СЧВ с нестабильностью $10E-(17-19)$. Особое внимание при этом должно быть уделено созданию мобильных СЧВ.

Для реализации Российского проекта гравитационно-волновой антенны (ГВА) целесообразно использовать орбиту и технологии системы ГЛОНАСС. Лазерная антенна будет способна обнаруживать гравитационные волны в диапазоне 1–10 Гц, что отличает ее от известных зарубежных проектов.

Перспективы повышения точности космических средств подготовки гравиметрических карт напрямую связаны с всесторонним использованием метрологических возможностей радиосигналов ГЛОНАСС и достижениями в области проектирования лазерных космических ГВА. При

этом необходимо создание специальных наземных и бортовых комплексов для отработки новых измерительных технологий.

Для определения характеристик созданного во ФГУП «ВНИИФТРИ» астроизмерителя уклонения отвесных линий (УОЛ) целесообразно провести сличения этого прибора (российские или международные) с другими известными разработками. Условия для проведения сличений во ФГУП «ВНИИФТРИ» имеются.

Технологии создания наземных лазерных ГВА в интересах создания гравиметрических приборов в России пока востребованы слабо. Вместе с тем, эти технологические достижения способны поднять точность лазерных гравиметров и градиентометров на 4–6 порядков.

Исследования картографирования по аномалиям магнитного поля Земли (АМПЗ) районов территории Российской Федерации показал следующее:

- карты АМПЗ территорий РФ были составлены до введения в аэрогеофизическую практику в 90-х годах XX века системы спутниковой навигации и являются устаревшими (некондиционными), для 80–90 % существующей картографической продукции отсутствует исходный материал в цифровой форме;

- определение АМПЗ на территории РФ с использованием современной магнитоизмерительной аппаратуры (квантовые и протонные магнитометры) относительно нормального магнитного поля в модели IGRF и с использованием спутниковой навигации выполнено фрагментарно, с охватом 10–20 % территории страны.

Для создания региональной модели главного магнитного поля и АМПЗ необходимо провести Генеральную магнитную съемку территории РФ, которая предполагает восстановление сети опорных магнитных обсерваторий, а также пунктов векового хода (не менее 10 пунктов), утверждения специально выбранных маршрутов для проведения высокоточных аэромагнитных съемок с использованием современной магнитоизмерительной аппаратуры и проведения измерений на них не реже чем раз в два-три года. Также для создания и поддержания региональной модели главного магнитного поля необходимо использовать данные глобальных спутниковых съемок.

Участники конференции предложили:

1. Активизировать теоретические и экспериментальные исследования в области создания средств навигации по гравитационному и магнитному полям по всем направлениям. Отставание от зарубежных достижений не должно приобре-

сти необратимый характер. Необходимо обеспечить технологическую независимость и создание средств и методов оперативной гравиметрии и магнитометрии в интересах развития глобальной навигации по ГПЗ и АМПЗ.

2. Широко использовать новые технологии оптических измерений, реализованных при создании гравитационно-волновых антенн.

3. Развивать квантовые технологии, реализованные в атомных гравиметрах, квантовых нивелирах и новых оптических измерителях параметров ГПЗ.

4. Активизировать работы по созданию наземных станций для отработки космических лазерных технологий, реализующих измерения по линии «спутник-спутник».

5. Развивать технологии оперативного построения навигационных гравиметрических карт, в том числе по цифровым данным о высотах рельефа.

6. Развивать технологии, направленные на создание малогабаритных датчиков ускорения свободного падения (УСП), гравитационных градиентов (ГГ), уклонения отвесной линии (УОЛ).

7. Организовать проведение сличений существующих отечественных астроизмерителей УОЛ.

8. Активизировать работы, направленные на создание сети «Квантовый футшток» в интересах повышения точности высотной основы РФ.

9. Активизировать работы по расширению существующей эталонной базы в области гравиметрии путем создания новых эталонов единиц разности У СП, ГГ, УОЛ и гравитационных потенциалов.

10. Для картографирования АМПЗ на новой технологической и инструментальной основе разработать Программу работ по созданию и поддержанию актуальной базы данных АМПЗ на территорию РФ.

11. Продолжить исследования в направлении изучения работоспособности магнитометрической системы при полете над акваториями и в Арктической зоне, создания геофизического полигона, а также создания технологии высокоточных магнитных съемок вне территории РФ, верификации данных АМПЗ.

12. ФГУП «ВНИИФТРИ» и Научному Совету РАН по проблеме КВНО провести совместно Третью Всероссийскую НТК «Навигация по гравитационному и магнитному полям Земли. Новые технологии» в 2021 г.

Рассмотренные на НТК предложения предусматривают включение в проект Федеральной целевой программы «СФЕРА».

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЙ В ПРОВЕДЕНИИ СВОЕВРЕМЕННОЙ И ДОСТОВЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕСУРСА (по материалам VII Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика»).
MODERN PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT AND WAY OF THEIR DECISIONS IN UNDERTAKING WELL-TIMED AND RELIABLE DIAGNOSTICS FOR ENSURING THE SAFE USAGE AND FORECASTINGS OF THE RESOURCE (VII-INTERNATIONAL INDUSTRIAL FORUM «TERRITORY NDT. NON-DESTRUCTIVE TESTING. TEST. DIAGNOSTICS»)

*Надеин В.В., к.п.н., доцент, Черняев К.С., к.т.н., Надеина О.В., к.п.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
 Nadein V.V., k.p.s., associate professor, Chernyaev K.S., k.t.s., Nadeina O.V., k.p.s., FSBI "MSMC"
 of the Ministry of Defense of the Russian Federation
 32gnii_vv@mail.ru, ovnadeina@mail.ru. tel. (495)596-01-00*

Ключевые слова: неразрушающий контроль, техническое диагностирование, диагностика, риск-ориентированные технологии неразрушающего контроля

Keywords: nondestructive testing, technical, diagnosis, diagnostics, risk-oriented technologies nondestructive testing.



3–5 МАРТА 2020

МОСКВА - ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

Ежегодный форум «Территория NDT» является ведущей профессиональной площадкой для конструктивного диалога заинтересованных сторон и демонстрации новейших достижений и разработок. Крупнейшая специализированная выставка оборудования и технологий неразрушающего контроля и технической диагностики ежегодно объединяет более 100 компаний – разработчиков и поставщиков российских и зарубежных брендов, сервисные учебные и сертификационные центры, ВУЗы, НИИ, специализированные издания.

VII Международный промышленный форум «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» это:

- синергия направлений: неразрушающий контроль – испытания – диагностика;
- возможность продемонстрировать комплексный подход по диагностике технического состояния и прогнозу ресурса промышленных узлов и объектов;
- предложение продукции и услуг целевым потребителям самого широкого спектра отраслей и регионов России;
- возможность получения и обмена самой актуальной информацией о тенденциях развития отрасли.

В рамках экспозиции форума было представлено оборудование по направлениям:

- Неразрушающий контроль и дефектометрия;
- Исследование физико-механических свойств;
- Встроенный контроль и мониторинг технического состояния;
- Анализ структуры и коррозионного состояния;

- Техническое диагностирование и прогнозирование ресурса.

На огромной площади выставочного зала свои новинки представили порядка 100 экспонентов - лидеров своего сегмента: разработчики и поставщики оборудования, сервисные компании, учебные и квалификационные центры, испытательные лаборатории, специализированные издания, национальные сообщества НК, профессиональные объединения, ВУЗы.

В рамках деловой программы форума решались десятки вопросов практического применения контроля и диагностики в авиакосмической, нефтегазовой, энергетической, металлургической отраслях, на железнодорожном транспорте, в машиностроении и металлургии, строительстве, сварочном производстве, а также рассматривались вопросы медицинской диагностики, антитеррористической безопасности, стандартизации, сертификации и обучения персонала, в круглых столах приняли участие ведущие разработчики, представители крупнейших корпораций и компаний, профильных институтов и ведомств.

В работе форума приняли участие ведущие российские промышленные предприятия и объединения: ФГУП ВНИИМС, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, ОАО Радиоавионика, АНО «УИЦ РОНКТД «Спектр» академик Крюева В.В.», ФГБОУ ВО ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, НПШ NOVOTEST, ЗАО НИИИМ МНПО «СПЕКТР», ООО Машпроект, ООО СПЕЦКИБЕРПРИБОР, ООО Севмортех, АО НПО ЦНИИТМАШ, АО «НИИ мостов», ООО «НИИ Транснефть» и многие другие.

Отраслевая специфика – металлургия, машиностроение, нефтегаз и нефтехимия, энергетика, включая атомную, ОПК, космическая отрасль, авто- и железнодорожный транспорт, гражданская и военная авиация.

В 2020 году одновременно с Форумом прошла **XXII Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике.**

Большой интерес вызвали пленарные доклады конференции:

03 марта 2020

С докладом «**Перспективы и вызовы Четвертой промышленной революции для приборостроения и метрологии в области неразрушающего контроля и технической диагностики**» выступил С.С. Голубев, к.т.н., заместитель Руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Было отмечено, что метрологическая инфраструктура обеспечения единства измерений состоит из нескольких уровней, связанных в единое целое большими информационными потоками, требующими систематизации (электронных информационных систем), в то же время позволяющими автоматизировать многие процессы. В России это реализуется в рамках концепции «Цифровая экономика Российской Федерации», в Европейском Союзе Национальный метрологический институт Германии (PTB) выступил с инициативой разработки единой Европейской цифровой инфраструктуры качества для инновационных продуктов и услуг «Европейское метрологическое облако», в рамках которого, как первый шаг, решается проблема цифрового сертификата калибровки в машиночитаемом формате для автоматизации процессов цифровизации производства и контроля качества. Однако, задачи приборостроения в рамках стратегической инициативы «Industrie 4.0», конечно, существенно шире. Одной из первоочередных является разработка единого подхода и создание средств измерений (средств неразрушающего контроля) с возможностью подключения (в идеале беспроводного) и обмена данными через интернет. Внедрение таких решений позволит решить задачи распределенного мониторинга состояния и сбора измерительной информации, дистанционного контроля технического состояния и метрологических характеристик измерительных преобразователей, приборов и многоуровневых систем, интеграции их в распределенные «умные» кибер-физические системы и производства. Эта задача, в том числе, будет решена путем разработки международных стандартов, определяющих общие характеристики измерительных преобразователей с интерфейсными модулями, формат данных, набор команд и управления и чтения данных. Также в настоящее время ведется работа по разработке стандартов для разработки сетей измерительных преобразователей («умных сетей»). Процессы измерения являются неотъемлемой частью автоматизированных безлюдных производств, объектов с высокой потенциальной опасностью. Средства контроля и измерения для них должны обладать полной автоматизацией измерений, автономностью, они должны иметь функции самотестирования и удаленной автокалибровки, а также самовосстановления, а в перспективе – самообучения. В области стандартизации, как основы единства измерений, одна из главных проблем заключается в том, что все практические элементы стандартизации становятся междисциплинарными, при этом следует учитывать, что практически нет квалифицированных экспер-

тов в рассматриваемой области. Новые структуры приборов, основанные на комбинации первичных измерительных преобразователей и многоуровневых моделей (двойников) в облачных пространствах в сочетании с большими объемами данных, а также удаленными службами в рамках рассматриваемых процессов ставит перед метрологической наукой и практикой в области неразрушающего контроля и мониторинга состояния задачи разработки, стандартизации и законодательного утверждения новых принципов метрологического обеспечения интеллектуальных измерительных преобразователей информационно-измерительных систем. Станет актуальной задача пересмотра принципов настройки, калибровки и поверки распределенных средств измерения, т.к. облачный сервер практически не доступен экспертам, программное обеспечение может носить закрытый характер, а возможности использования каналов связи на месте будут отсутствовать. Использование цифровых моделей будет иметь ограничения, связанные со следующими факторами:

- адекватность и полнота используемых физических моделей;
- применимость используемых физических методов;
- точность задания параметров контролируемых объектов и граничных условий их применения.

Для практического применения цифровых моделей должно быть разработано «метрологическое обеспечение», позволяющее установить:

- достоверность и неопределенность расчетов;
- влияние неопределенности входных данных на расчеты контролируемых параметров;
- устойчивость модели при различных комбинациях контролируемых и мешающих параметров.

Для перехода от неразрушающего контроля к мониторингу состояния необходимо освоить:

- разработку и производство самокалибрующихся измерительных преобразователей с повышенным ресурсом;
- создание автоматизированных измерительных преобразователей подключаемых к стандартизованным телекоммуникационным сетям;
- разработку цифровых моделей объектов НК с дефектами;
- разработку цифровых моделей систем «измерительный преобразователь – объект контроля»;
- разработку алгоритмов цифровой обработки информации на основе многоуровневых моделей для принятия оперативных решений;
- принципов верификации цифровых моделей.

При рассмотрении вопросов метрологического обеспечения следует учитывать, что в условиях умных производств они фактически станут многопараметровыми. При этом необходимо обеспечивать адаптацию измерительных.

04 марта 2020

В докладе «**Цифровая трансформация бизнеса как залог устойчивого роста в условиях цифровой эко-**

**45 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
И СПЕЦИАЛИСТОВ ВОЕННЫХ МЕТРОЛОГОВ «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ВОЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ»
23 АПРЕЛЯ 2020 Г.
КВЦ «ПАТРИОТ», г. Кубинка Московской области**



Организационный комитет 45 научно-технической конференции молодых ученых и специалистов военных метрологов «**Актуальные задачи военной метрологии**» приглашает Вас принять участие в конференции, которая состоится **23 апреля 2020 года в КВЦ «Патриот», г. Кубинка Московской области.**

(Начало в 10 ч. 00 мин).

Научные направления конференции:

- ❑ совершенствование системы обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности Российской Федерации;
- ❑ основные направления развития и принципы построения средств измерений военного назначения;
- ❑ развитие эталонной базы сферы обороны, безопасности и оборонно-промышленного комплекса;
- ❑ состояние и перспективы развития организационных и методических основ военно- метрологического сопровождения и метрологической экспертизы ВВТ;
- ❑ организационные и методические аспекты аттестации методик (методов) измерений;
- ❑ проблемы метрологического обеспечения действующей испытательной базы и ее развитие в соответствии с задачами испытаний новых поколений вооружений, организационные и методические аспекты аттестации испытательного оборудования;

- ❑ проблемы аттестации программного обеспечения автоматизированных систем контроля и диагностирования;
- ❑ проблемы метрологического обеспечения испытаний оружия на новых физических принципах;
- ❑ актуальные вопросы метрологического обеспечения средств обнаружения, опознавания, целеуказания и наведения систем и комплексов высокоточного оружия;
- ❑ метрологическое обеспечение средств координатно-временного и навигационного обеспечения;
- ❑ состояние и перспективы развития средств метрологического обеспечения ионизирующих излучений и испытаний ВВТ на радиационную стойкость;
- ❑ актуальные вопросы метрологического обеспечения средств измерений параметров антенн и характеристик радиолокационной и оптической заметности объектов ВВТ;
- ❑ проблемы метрологического обеспечения испытаний ВВТ на стойкость и электромагнитную совместимость;
- ❑ состояние и перспективы развития средств метрологического обеспечения оптико-физических измерений, измерений в ИК-диапазоне и миллиметровой области СВЧ диапазона;
- ❑ состояние и перспективы развития средств метрологического обеспечения в области гидроакустических и гидрофизических измерений;
- ❑ метрологическое обеспечение автоматизированных средств контроля горюче-смазочных материалов.

Формы участия в конференции:

- ⇒ выступление с пленарным докладом;
- ⇒ выступление с секционным докладом;
- ⇒ представление стендового доклада;
- ⇒ демонстрация экспоната;
- ⇒ участие в конференции (без доклада).

Формы демонстрации иллюстрационных материалов:

пленарные доклады – мультимедиа-проектор (базовое разрешение 800x600);

секционные доклады – мультимедиа-проектор, плакаты.

Продолжительность выступлений:

- пленарный доклад – до 20 минут;
- секционный доклад – до 10 минут.

Представление докладов:

Тезисы докладов должны содержать краткое изложение цели исследований, методики их проведения и анализ полученных результатов. Объем Тезисов доклада – от 2 до 4 страниц, последняя страница должна быть заполнена не менее, чем на три четверти. Текст представляется в **распечатанном виде** (1 экз.) и в **электронной форме** (CD) в текстовом редакторе MS Word.

Перед набором текста настройте параметры текстового редактора следующим образом:

- размер бумаги – А4 (210×297);
- ориентация – книжная;
- поля: верхнее, нижнее – 30 мм, правое – 20 мм, левое – 35 мм;
- красная строка – 1,25 см;
- шрифт – Times New Roman;
- высота шрифта: название доклада, авторы – 14, аннотация – 14, курсив, текст, литература – 14;
- межстрочный интервал – полуторный;
- выравнивание – по ширине.

По центру ЗАГЛАВНЫМИ (ПРОПИСНЫМИ) БУКВАМИ печатаются фамилия(и) и инициалы автора(ов). После ФИО автора(ов), указывается организация, которую он представляет. Перед фамилией указывается ученая степень (строчными буквами, при наличии). Первой указывается ФИО докладчика.

Далее ниже через одну строчку по центру ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ жирным шрифтом без переноса печатается название доклада.

Далее ниже название доклада через одну строчку курсивом печатается аннотация к докладу (1,15 межстрочный интервал).

Затем, через одну строку, печатается текст доклада. Каждому рисунку и таблице присваивается порядковый номер. Рисунки и таблицы сопровождаются обязательными названиями.

Ниже, через одну строку, по центру печатается слово «Литература» и далее перечень литературы.

К докладу необходимо приложить экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати.

Принятые оргкомитетом тезисы докладов будут опубликованы в сборнике трудов конференции.

Место проведения конференции:

23 апреля 2020 года в КВЦ «Патриот» (начало в 10 ч. 00 мин) Московская область, Одинцовский район, 55 км Минского шоссе

Для участников конференции будет организован автотранспорт. Маршруты и порядок доставки участников конференции в КВЦ «Патриот» будут сообщены заблаговременно.

Общественный транспорт:

Электричка:

→ от Белорусского вокзала до станций «Голицыно» и «Кубинка». После чего пересесть на маршрутное такси до КВЦ «Патриот»;

→ от Савеловского и Курского вокзалов до станций «Голицыно» и «Кубинка». После чего пересесть на маршрутное такси до КВЦ «Патриот».

Автобус:

→ от метро «Тушино» в Москве до Голицыно и Кубинке отправляется автобус 301;

→ от станции Одинцово в Голицыно отправляется автобус № 1055.

Требование к участникам конференции:

- Сотрудник(и) организации моложе 35 лет;
- Регистрационные взносы за участие в конференции и сборник трудов конференции не требуются.

Контрольные даты:

23 апреля 2020 года в КВЦ «Патриот», г. Кубинка Московской области (начало в 10 ч. 00 мин).

Сроки представления материалов для конференции:

- заявки на участие – до **25 февраля 2020 г.**;
- тезисы докладов – до **25 февраля 2020 г.**;
- предложения в проект Решения – до **23 апреля 2020 г.**

Заявки на участие, тезисы докладов и другие материалы высылать:

✉ **по адресу:** 141006, Московская область, г. Мытищи, ул. Комарова, д. 13 ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России;

☎ **телефон:** 8-(495)-583-52-48, **факс** - 8-(495)-583-99-48;

✉ **e-mail:** kmu.gnmc@yandex.ru.

Контактное лицо:

Председатель Совета молодых ученых ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Шарганов Кирилл Александрович

☎ **телефоны:** 8-(495)-583-52-48;

☎ 8-(964)-501-86-32.

«МЕТРОЛЭКСПО-2020»



Международный форум-выставка «МетролЭкспо-2020» пройдет с 20 по 22 мая 2020 года. Ежегодный форум и выставка измерительной техники к Всемирному Дню метрологии – это новейшие разработки в области приборостроения. Уникальные установки, технологии и сервисы представят научные институты и центры стандартизации, метрологии и испытаний Росстандарта со всей России, а также ведущие отечественные и зарубежные предприятия.

Среди тем деловой программы – метрологическое обеспечение национальных проектов, цифровая трансформация экономики, приборостроение в свете новой системы единиц СИ, развитие метрологии в условиях реализации «регуляторной гильотины» и импортозамещения. Эти и другие актуальные вопросы эксперты обсудят в форматах открытых дискуссий и круглых столов.

Участниками форума станут представители Международного бюро мер и весов, Международной организации законодательной метрологии, Евроазиатской метрологической организации КОOMET, федеральных органов власти и

госкорпораций, ведущие разработчики, производители и потребители измерительной техники, ученые Российской академии наук и отраслевые эксперты.

За 15 лет форум стал ведущей площадкой для выработки решений по вопросам обеспечения единства измерений, для демонстрации достижений отечественного и зарубежного приборостроения, а также обмена опытом между промышленниками и метрологами.

«Совместно с нашими приборостроителями мы хотим восстановить в России производство высокотехнологичных средств измерений, которые будут отвечать вызовам цифровой экономики. Это наша глобальная задача. Отечественные предприятия измерительного и аналитического оборудования должны получить меры поддержки для безбарьерного выхода на внутренний и зарубежный рынки. И ежегодный форум-выставка «МетролЭкспо» доказывает, что у нас есть все необходимые компетенции для производства конкурентоспособного измерительного оборудования и его составляющих», – отметил Руководитель Росстандарта **Алексей Абрамов**.



XII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «МЕТРОЛОГИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ»

16 по 18 июня 2020 года, пансионат «Морозовка»,
поселок Морозовка, Солнечногорского района Московской области

ОРГАНИЗАТОРЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (**Росстандарт**)
- Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (**ФГУП «ВНИИФТРИ»**), CON2020.VNIIFTRI.RU
- Технический комитет **1.3 КООМЕТ** «Электричество и магнетизм»
- ООО Научно-технический центр «**НАВИТЕСТ**», NTC-NAVITEST.RU
(Техническое обеспечение и организация проведения научно-технической конференции)

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Современные тенденции развития радиотехнических и радиоэлектронных измерений:

- развитие эталонов и высокотехнологичных средств измерений;
- развитие сетей связи нового поколения и применение цифровых сервисов в метрологическом обеспечении радиотехнических измерений;
- освоение терагерцового диапазона частот электромагнитных волн;

2. Обеспечение единства радиотехнических и радиоэлектронных измерений:

- измерение мощности электромагнитных колебаний;
- измерение параметров формы и спектра радиосигналов;
- измерение характеристик линий и трактов передачи радиосигналов;
- измерение параметров электромагнитного поля;
- измерение характеристик антенных систем;
- измерение объемов передаваемой цифровой информации по каналам Интернет и телефонии.

3. Метрологическое обеспечение в радиотехнических приложениях:

- измерение параметров цифровых линий связи, включая сети 5G;
- метрологическое обеспечение измерений параметров сложных радиотехнических комплексов и систем;
- измерения радиотехнических параметров в микроэлектронике;
- метрологическое обеспечение испытаний на ЭМС;
- совершенствование нормативно-технической базы в области радиотехнических и радиоэлектронных измерений.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КОНФЕРЕНЦИИ

Представленные тезисы публикуются перед началом конференции в специальном издании «**Метрология в радиоэлектронике. Материалы конференции**» на русском и английском языках.

Прошедшие рецензию материалы конференции на английском языке будут опубликованы на сайте международного издательства, индексируемого в международной базе данных **Scopus**.

Справки по общим вопросам участия в конференции, демонстрации экспонатов, размещения рекламных материалов, оформления заявок - **ООО НТЦ «НАВИТЕСТ»**:

e-mail: ntc.navitest@bk.ru, тел./факс: +7 (495) 943-79-76, +7 (925) 322-31-15.

CON2020.VNIIFTRI.RU
NTC-NAVITEST.RU

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Вестник метролога» издается и распространяется на русском языке с 2005 года.

В журнале «Вестник метролога» публикуются научные статьи по всем разделам метрологии. К публикации принимаются законченные оригинальные работы по фундаментальным исследованиям в области метрологии; научные статьи, содержащие новые экспериментальные результаты; методические работы, включающие описание новых методик выполнения измерений; материалы теоретического характера с изложением новых принципов, подходов к обеспечению единства и точности измерений и др. Статья должна содержать четкую постановку задачи и выводы с указанием области применения результатов.

1. Направляя свою статью в журнал, автор подтверждает, что присланный в редакцию материал ранее нигде не был опубликован (за исключением статей, представленных на научных конференциях, но не опубликованных в полном объеме, а также тех, которые приняты к публикации в виде материалов научной конференции, обычно в форме тезисов, части лекции, обзора или диссертации) и не находится на рассмотрении в других изданиях.

Автор дает согласие на издание статьи на русском языке в журнале «Вестник метролога». При согласовании отредактированной статьи автор должен сообщить в редакцию по электронной почте о согласии на публикацию на русском языке.

Подаявая статью, автор должен ставить в известность редактора о всех предыдущих публикациях этой статьи, которые могут рассматриваться как множественные или дублирующие публикации той же самой или близкой по смыслу работы. Автор должен уведомить редактора о том, содержит ли статья уже опубликованные материалы. В таком случае в новой статье должны присутствовать ссылки на предыдущую публикацию.

Все представленные статьи рецензируются. Датой принятия статьи считается дата получения положительной рецензии.

При разногласиях между автором и рецензентами окончательное решение о целесообразности публикации статьи принимает редакционный совет журнала. В случае отклонения статьи редакционным советом дальнейшая переписка с автором прекращается.

Авторам, гражданам России, следует представить экспертное заключение о том, что работа может быть опубликована в открытой печати. Экспертное заключение может быть прислано в печатном виде или по электронной почте в сканированном виде.

Публикация статей в журнале осуществляется бесплатно.

Оттиски опубликованных статей авторам не высылаются.

2. Статьи в редакцию следует представлять в печатанном виде в 2-х экземплярах с приложением электронного носителя CD-R/CD-RW или присылать по электронной почте. Все файлы должны быть проверены антивирусной программой!

Объем статьи, включая аннотации на русском и английском языках, таблицы, подписи к рисункам, библиографический список, не должен превышать 15 машинописных страниц, количество рисунков – не более 4-х (рисунки а, б считаются как два).

Аннотация должна быть краткой, не более 10 строк (до 250 слов), коротко и ясно описывать основные результаты работы. Ключевых слов – не более 7.

Название статьи, фамилии авторов, место работы, аннотация, ключевые слова и литература должны быть приведены на русском и английском языках.

Материал статьи – текст, включая аннотации на русском и английском языках, список литературы, подписи к рисункам и таблицы, оформляются одним файлом, графические материалы – отдельными файлами с соответствующей нумерацией (рисунок 1, рисунок 2, таблица 1 и т. д.).

Статья должна содержать УДК.

Статья должна быть подписана автором (авторами) с указанием фамилии, имени и отчества полностью, ученой степени, ученого звания, места работы, контактных телефонов, электронного адреса.

3. При подготовке материалов должны быть использованы следующие компьютерные программы и нормативные документы.

Текстовый материал должен быть набран в Microsoft Office Word 2007 (или более поздние версии); шрифт основного текста Times New Roman, размер шрифта – 14, межстрочный интервал – полуторный, выравнивание по ширине; параметры страницы – верхнее поле 2,3 см, нижнее 2,3 см, левое 3,9 см, правое 1,5 см; для оформления текста можно использовать курсив или полужирный.

Статьи должны присылаться с минимумом форматирования, без использования стилей и шаблонов.

Все условные обозначения, приведенные на рисунках и таблицах необходимо пояснить в основном или подрисуночных текстах. Размер рисунка не должен превышать 14×20 см. Слова «рисунок» и «таблица» пишутся полностью (без сокращений).

Формулы должны быть набраны в MS Word с помощью над- и подстрочных знаков, специальных символов или в программе MathType (версия 4.0 и выше). Показатели степеней и индексы должны быть набраны выше или ниже строки буквенных обозначений, к которым они относятся: K12, A3, B2.

Формулы должны быть единообразными и целыми, т. е. недопустимо величины в одной формуле набирать в разных программах.

После формулы должна быть приведена экспликация (расшифровка всех приведенных буквенных обозначений величин). Последовательность расшифровки буквенных обозначений должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле.

Нумеровать следует только наиболее важные формулы, на которые есть ссылка в последующем тексте.

Таблицы (и ссылки на них) должны иметь последовательные порядковые номера и заголовки.

Единицы измерений и буквенные обозначения физических величин должны отвечать требованиям ГОСТ 8.417–2002 «ГСИ. Единицы величин», а термины – требованиям соответствующих государственных стандартов.

В библиографических ссылках фамилии авторов и названия журналов и книг следует указывать в оригинальной транскрипции. Ссылки дают в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Для книг указывают фамилию и инициалы автора, заглавие, том (часть, выпуск), место, название издательства, год издания. Для журнальных статей – фамилию и инициалы автора, названия статьи и журнала, год издания, том или часть, номер (выпуск), страницы.

Ссылки в тексте на источники, указанные в списке используемой литературы, отмечаются цифрами в квадратных скобках, в порядке упоминания в тексте, например [1], [2-4].

В библиографическом списке должно быть указано не менее 2–3 работ, опубликованных за последние 10 лет по данной тематике.

NOTE AUTHORS

«Vestnik Metrologa» magazine is published and extends in Russian since 2005.

«Vestnik Metrologa» scientific articles according to all sections of metrology are published in the magazine. To the publication the finished original operations on basic researches in the field of metrology are accepted; the scientific articles containing new experimental results; the methodical operations including the description of new techniques of execution of measurements; materials of theoretical character with presentation of the new principles, approaches to support of unity and accuracy of measurements, etc. Article shall contain accurate problem definition and outputs with specifying of a scope of results.

Sending the article to log, the author confirms that the material sent to edition wasn't published earlier anywhere (except for the articles provided at scientific conferences, but not published in full and also those which are accepted to the publication in the form of materials of a scientific conference is normal in the form of theses, a part of a lecture, the review or the thesis) and isn't under consideration in other issuings.

The author agrees to issuing of article in Russian in Bulletin of the Metrologist log. In case of coordination of the edited article the author shall report in edition by e-mail about a consent to the publication in Russian.

Submitting article, the author shall inform the editor of all previous publications of this article which can be considered as multiple or duplicating the same publication or faithful operation. The author shall notify the editor on whether article contains already published materials. In that case at new article there shall be links to the previous publication.

All provided articles are reviewed. The date of receipt of the positive review is considered acceptance date of article.

In case of disagreements between the author and reviewers the final decision on feasibility of the publication of article is made by editorial council of log. **In case of a rejection of article by editorial council further correspondence with the author stops.**

To authors, citizens of Russia, it is necessary to provide the expert opinion that operation can be published in the open printing. The expert opinion can be sent in printed form or by e-mail in the scanned look.

The publication of articles in log is carried out free of charge.

Prints of the published articles aren't sent to authors.

2. Articles in edition should be presented in the printed form in duplicate with application of the CD-R/CD-RW electronic medium or to send by e-mail. All files shall be checked by the anti-virus program!

Article volume, including summaries in the Russian and English languages, tables, signatures to figures, the bibliography, shan't exceed 15 typewritten pages, quantity of figures – no more than 4 (figures and, would be considered as two). The summary shall be short, no more than 10 lines (to 250 words), shortly and it is clear to describe the main results of operation. Keywords – no more than 7.

The name of article, surname of authors and the place of operation, the summary and keywords shall be given in the Russian and English languages. Article material – the text, including summaries in the Russian and English languages, the list of references, signatures to figures

and tables, are made out by one file, graphic materials – separate files with the appropriate numbering (fig. 1, fig. 2 etc.).

Article shall contain UDC (Universal Decimal Classification).

Article shall be signed by the author (authors) with specifying of a surname, name and middle name completely, an academic degree, an academic status, the place of operation, contact phones, the e-mail address.

3. By preparation of materials the following computer programs and normative documents shall be used.

Text material shall be collected in Microsoft Office Word 2007 (or later versions); a font of the body text Times New Roman, type size – 14, line spacing – one-and-a-half, alignment on width; page setup – a top margin of 2,3 cm, the lower 2,3 cm, the left 3,9 cm, the right 1,5 cm; for design of the text it is possible to use italic type or bold.

To send articles with a formatting minimum, not to use styles and templates.

All reference designations given on figures need to be explained in the main or captions. The size of a figure shan't exceed 14×20 of cm.

Formulas shall be collected in MS Word with the help over – and subscript signs, special characters or in the MathType program (version 4.0 above). Indices of levels and indexes shall be collected above or lines of letter symbols which they treat are lower: K12, A3, B2 or lines of letter symbols to which they belong are lower: K12, A3, B2.

Formulas shall be uniform and whole, i.e. inadmissibly gain values in one formula in different programs. After a formula the explication (decryption of all given letter symbols of values) shall be given. The sequence of decryption of letter symbols shall correspond to the sequence of layout of these designations in a formula.

It is necessary to number only the most important formulas on which there is a link in the subsequent text.

Tables (and references to them) shall have sequential sequence numbers and titles.

Units of measurements and letter symbols of physical quantities shall meet the requirements of GOST 8.417-

2002 “GSI. Units of values”, and terms – to requirements of the appropriate state standards.

In bibliographic links of a surname of authors and names of logs and books it is necessary to specify in an original transcription. References are given according to GOST 7.0.5-2008 “System of standards according to information, library and to publishing. Bibliographic link. General requirements and rules of compilation”.

For books specify a surname and the author's initials, the title, volume (a part, release), the place, the name of publishing house, year of issuing. For journal articles – a surname and initials of the author, the name of article and log, year of issuing, volume or a part, number (release), pages.

Links in the text to the sources specified in the list of the used literature are marked by digits in square brackets, as mentioning in the text, for example [1], [2-4].

In the bibliography at least 2-3 operations published over the last 10 years shall be specified.

Tables (and references to them) shall have sequential sequence numbers and titles.

Units of measurements and letter symbols of physical quantities shall meet the requirements of GOST 8.417-2002 “GSI. Units of values”, and terms – to requirements of the appropriate state standards.

In bibliographic links of a surname of authors and names of logs and books it is necessary to specify in an original transcription. References are given according to GOST 7.0.5-2008 “System of standards according to information, library and to publishing. Bibliographic link. General requirements and rules of compilation”.

For books specify a surname and the author's initials, the title, volume (a part, release), the place, the name of publishing house, year of issuing. For journal articles – a surname and initials of the author, the name of article and log, year of issuing, volume or a part, number (release), pages.

Links in the text to the sources specified in the list of the used literature are marked by digits in square brackets, as mentioning in the text, for example [1], [2-4].

In the bibliography at least 2-3 operations published over the last 10 years shall be specified.

ПОДПИСКА

Принимается подписка на ежеквартальный журнал
«Вестник метролога»

Читатели могут оформить подписку
talikova@vniiftri.ru;

тел. 8(495) 944-56-41, Таликова Надежда Ивановна,
Индекс – 45112 по Объединенному каталогу

«Пресса России»

<http://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/e45112/>

