

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., Пояркова Д.Л.

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 31.10.2019
Подписано в печать 20.11.2019
Тираж 300 экз.

Зарегистрирован ISSN 2413-1806
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
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

Измерения времени и частоты

Донченко С.И., д.т.н., Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ»,
Харисов В.Н., д.т.н., Пельтин А.В., Павлов В.С.,
ОАО «ВНИИР-Прогресс», Карутин С.Н., к.т.н.,
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Технология мониторинга сигналов КА ГНСС с использованием метода временного накопления 4

Общие вопросы метрологии

Еремин Е.В., к.т.н., Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ»
О систематической погрешности измерения средней скорости 12

Общие вопросы метрологии

Волчков А.А., Исаев Ю.А., Леонова К.С., Фуфаева О.В.,
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
Хайруллин Р.З., д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Метод построения оценок точности измерений на основе использования апостериорной информации. 18

Измерения ионизирующих излучений

Берлянд А.В., к.т.н., Берлянд В.А., к.т.н., Панасенко Р.А.,
ФГУП «ВНИИФТРИ», Успенский А.П., ФГБУ «ГНМЦ»
Минобороны России
Развитие эталона поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения 22

Научно-технические обзоры материалов конференций, симпозиумов

Измерения геометрических величин

Мазуркевич А.В., Соколов Д.А., ФГУП «ВНИИФТРИ»,
Тимофеев Е.Ю., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
19-й Международный конгресс метрологии SIM 2019 28

Измерения теплофизических и температурных величин

Походун А.И., д.т.н., ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,
Храменков В.Н., д.т.н., профессор, Бойко И.Г., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Перспективы перехода на новые принципы и деятельность технического комитета KOOMET TK 1.10 (температура, теплофизика). 31

Измерения геометрических величин

Пасынок С.Л., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ»
Международная конференция JOURNEES 2019 35

Выставки, конференции в I квартале 2020 года

VII Международный промышленный форум «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» (3 марта - 5 марта)
15-я Международная специализированная выставка «Фотоника. Мир Лазеров и Оптики 2020» (31 марта - 3 апреля). 38

Информация

Новинки измерительной техники
Перечень научных публикаций в журнале «Вестник метролога» в 2019 году 39

«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 a 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. Shchipunov, 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, Mytisch, Moscow region, Olympic avenue, possession 12, construction 1, of. 404

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

telephone/fax:

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

E-mail: 32gnii_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

MEASUREMENTS OF TIME AND FREQUENCIES

Donchenko S.I., d.t.s., Denisenko O.V., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI»,
Harisov V.N., d.t.s., Pel'tin A.V., Pavlov V.S.,
OJSC «VNIIR-Progress», Karutin S.N., k.t.s.,
Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
GNSS satellites signals monitoring technology with temporary
accumulation method 4

COMMON QUESTIONS OF A METROLOGY

Eremin E.V., k.t.s., Denisenko O.V., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI»
About a systematic error of measurements of average speed . . .12

COMMON QUESTIONS OF A METROLOGY

Volchikov A.A., Isaev Yu.A., Leonova K.S., Fufaeva O.V.,
FSBI «MSMC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Khayrullin R.Z., d.ph.-m.s., Moscow State (National Research)
University of Civil Engineering
The method of constructing estimates of the accuracy of
measurements based on the use of a posteriori information. . . .18

MEASUREMENTS IONIZING RADIATIONS

Berlyand A.V., k.t.s., Berlyand V.A., k.t.s., Panasenkov R.A.,
FSUE «VNIIFTRI», Uspenskii A.P., FSBI «MSMC» of the
Ministry of Defense of Russian Federation
The Development of the standard of the absorbed dose foton
ionizing radiations.. . . .22

SCIENTIFIC AND TECHNICAL REVIEWS, MATERIALS CONFERENCES and SYMPOSIUMS

Mazurkevich A.V., Sokolov D.A., FSUE «VNIIFTRI»,
Timofeev E.Y., d.t.s., FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia
19 International congress of metrolog CIM 2019.28

Pohodun A.I., d.t.s., FSUE «VNIIM im. D.I. Mendeleev»,
Khramenkov V.N., d.t.s., professor, Boyko I.G., k.t.s., FSBI «MSMC»
Prospects of transition to a on new principles the activity of the
COOMET technical committee TC 1.10
(temperature, thermal physics)31

Pasynok S.L., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI»
International conference JOURNEES 201935

EXHIBITIONS to CONFERENCES IN I QUARTERS 2020

VII-International industrial forum «Territory NDT. Non-
destructive testing. Test. Diagnostics» (Mart, 3 - 5)
15 International specialized exhibition «Photonics. Word of
lasers and optics 2020» (Mart, 31 - April, 3).38

INFORMATION

NOVELTIES OF THE MEASURING TECHNOLOGY

LIST SCIENTIFIC PUBLICATION IN 2019 39

*Дорогие читатели! Поздравляем Вас с Новым годом и Рождеством!
Желаем Вам семейного счастья и благополучия, претворения в жизнь наметенных планов, осуществления творческих идей, интереснейших событий, светлых новых мыслей и достижений!*

Надеемся и в дальнейшем на высокую заинтересованность и активное тесное сотрудничество Вас и Ваших коллег с редакцией журнала, способствующих укреплению достигнутых успехов, развитию общих интересов и деловых отношений.

Коллектив ФГУП «ВНИИФТРИ»

И в следующем 2020 году мы продолжим публиковать в журнале «Вестник метролога» научные статьи по 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 измерений; материалы теоретического характера с изложением новых принципов, подходов к обеспечению единства и точности измерений и др.

• **Рецензируемый научный журнал «Вестник метролога» (не маркируется).** Все статьи, поступающие в редакцию, получают экспертную оценку редакционного совета журнала, на основе которой принимается решение о возможности публикации (бумажный носитель).

• **Материалы журнала размещаются на сайте** Научной электронной библиотеки, включаются в национальную информационно-аналитическую систему **РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)**. Показатели публикационной активности журнала - импакт-фактор РИНЦ, число цитирований, место в рей-

тинге SCIENCE INDEX - опубликованы по адресу <http://elibrary.ru/title.profile.asp?id=28082>.

• **Журнал**, каждый номер которого **включает 4 научных статьи, а также научно-технические обзоры**, предоставляет возможность познакомиться с работами российских авторов. Издание является источником информации о новейших научных исследованиях. Содержание выпусков журнала и **аннотации статей доступны на сайте журнала в разделе «АРХИВ научных статей».**

• **Журнал распространяется только по подписке**, подписной индекс издания по Объединенному каталогу «Пресса России» - **45112**. Все номера журнала представлены в центральных научных библиотеках России.

• **Формат журнала – А-4**, в каждом выпуске 40 страниц. Выходит ежеквартально с сентября 2005 года. **Зарегистрирован в установленном законодательством РФ порядке.**

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-60016 от 21 ноября 2014 г.,

ISSN 2413-1806.

График выхода номеров журнала

Номер журнала	Месяц выхода	Статус
Предыдущие номера журнала	с 2005 - 2019 гг.	Содержание всех номеров и аннотации статей доступны в разделе «Архив научных статей». В архиве более 100 научных статей
№1 - 2019	март	
№2 - 2019	июнь	
№3 - 2019	сентябрь	
№4 - 2019	декабрь	

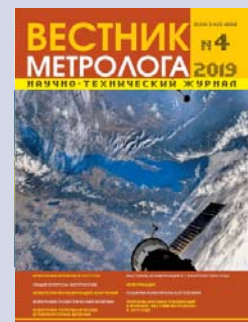
ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ ПРОДОЛЖАЕТСЯ! ДО ВСТРЕЧИ В 2020 ГОДУ!

ПОДПИСКА

«Вестник метролога» - Индекс - 45112

Принимается подписка на ежеквартальный журнал «Вестник метролога»

Читатели могут оформить подписку по Объединенному каталогу «Пресса России» <http://www.pressa-rf/cat/1/edition/e45112/> или «Пресса по подписке» <http://akc.ru>



**ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА СИГНАЛОВ КА ГНСС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВРЕМЕННОГО НАКОПЛЕНИЯ
GNSS SATELLITES SIGNALS MONITORING TECHNOLOGY WITH TEMPORARY ACCUMULATION METHOD**

Донченко С.И., д.т.н., Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ», Харисов В.Н., д.т.н., Пельтин А.В., Павлов В.С.,
ОАО «ВНИИР-Прогресс», Карутин С.Н., к.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Donchenko S.I., d.t.s., Denisenko O.V., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI», Harisov V.N., d.t.s., Pel'tin A.V., Pavlov V.S.,
OJSC «VNIIR-Progress», Karutin S.N., k.t.s., Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
тел. (495)526-63-75, e-mail: denisenko@vniiftri.ru

В статье рассмотрены методы мониторинга сигналов космических аппаратов (КА) глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), основанные на использовании крупноапертурной антенной системы. Для анализа сигналов предложена технология мониторинга, оценки параметров и характеристик сигналов КА ГНСС методом временного накопления. Представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие возможности предложенной технологии для мониторинга расширенного набора параметров сигналов КА ГНСС.

The article discusses monitoring methods for the signals of global navigation satellite systems (GNSS) spacecraft (SC), based on a large-aperture antenna system usage. The Time Accumulation Method (TAM) was proposed for GNSS SC signal analysis. The experimental results are presented, confirming the capabilities of the proposed technology for monitoring an GNSS signals parameters extended set.

Ключевые слова: ГНСС, мониторинг, временное накопление, спектр сигналов, синхронизация

Key words: temporary accumulation, signal spectrum, correlation function, constellation diagram, synchronization

Введение

В области совершенствования качества координатного и навигационно-временного обеспечения в настоящее время актуальной является задача контроля характеристик сигналов КА орбитальной группировки ГНСС. С этой целью как в России, так и за рубежом, активно разрабатываются и внедряются комплексы наблюдения и мониторинга радионавигационного поля [1-3]. Наиболее распространенными задачами наблюдения и мониторинга сигналов КА являются:

- оценка мощности навигационных сигналов;
- оценка и анализ формы навигационных сигналов;
- оценка спектральных характеристик навигационных сигналов;
- оценка корреляционных свойств;
- построение и анализ констеляционных IQ-диаграмм;
- измерение параметров внеполосных излучений КА;
- измерение временных параметров навигационных сигналов (взаимные задержки компонент и др.).

Указанные задачи решаются специализиро-

ванными измерительными комплексами, принимающими и анализирующими радионавигационный сигнал. Структурно каждый из них можно разбить на несколько функциональных элементов, среди которых обязательно будет антенная система, обеспечивающая прием сигнала, а также измерительное устройство, решающее измерительную задачу либо путём прямых измерений, либо с использованием определенных алгоритмов обработки принятого сигнала. От состава и характеристик этих функциональных элементов зависят технические, метрологические и другие характеристики комплекса.

В зависимости от требований назначения и требований к характеристикам разработчики включают в состав измерительных комплексов различные антенные системы: начиная от малогабаритных слабонаправленных антенн, уместающихся на ладони, заканчивая крупноапертурными зеркальными антенными системами с диаметром рефлектора до 100 метров [4]. Преимущества и недостатки наиболее часто используемых для наблюдений за КА антенных систем приведены в таблице 1.

Таблица 1

	Крупноапертурные антенные системы	Слабонаправленные антенные системы
Преимущества	1. Узкая диаграмма направленности обеспечивает пространственную селекцию сигнала на фоне помех и сигналов других КА. 2. Уровень мощности сигнала благодаря усилению антенной системы существенно превышает уровни чувствительности измерительной аппаратуры, что позволяет проводить измерения в её метрологически обеспеченном динамическом диапазоне, т.е. с известной погрешностью.	1. Широкая диаграмма направленности. В диаграмму направленности антенны попадают сигналы всех видимых КА, что позволяет получать измерения одновременно по всем видимым КА. 2. Простота эксплуатации, слабонаправленная антенна, как правило, конструктивно проста и не требует настройки, наведения и сопровождения КА. 3. Низкие стоимость и массогабаритные показатели антенны.
Недостатки	1. Высокие стоимость и массогабаритные показатели антенной системы и, как следствие, комплекса в целом. 2. Сложности настройки, калибровки и эксплуатации измерительного комплекса. 3. Невозможность осуществления непрерывного контроля сигналов всего наблюдаемого созвездия. 4. Требуется эфемеридная информация НКА.	1. В диаграмму направленности антенны попадают помеховые сигналы от всех видимых источников (при используемой для мониторинга полосе $\Delta F=100\text{MHz}$ шум больше сигнала на 40 дБ, т.е. суммарной мощностью сигналов можно пренебречь). 2. Практическая сложность метрологического обеспечения приемных специализированных измерительных средств сигналов малой мощности.

МВН синфазная С/А-компонента сигнала GPS корректно выделяется и восстанавливается (рисунки 10 и 11). Этот пример наглядно показывает, что без дополнительной обработки метод квадратурного разделения «не работает» для многокомпонентных сигналов. Для исследования таких сигналов требуется не только разделение квадратурных составляющих, но и последующий анализ результатов демодуляции во временной области. Одним из возможных подходов здесь может выступать использование МВН.

Отметим, что точность оценок (восстановления) характеристик сигналов в последнем эксперименте полностью эквивалентны таковым при приеме сигналов ГНСС на слабонаправленную антенну при интервале накопления в алгоритме МВН равном ≈ 30 мин. Это иллюстрирует уменьшение времени для получения высокоточных оценок, обеспечиваемое совместным применением крупноапертурных антенн и МВН.

Выводы.

По результатам экспериментальных исследований показана возможность использования МВН для решения задач мониторинга характеристик сигналов ГНСС (в том числе, перспективных) как с крупноапертурной, так и со слабонаправленной антенными системами.

Проведенная в ФГУП «ВНИИФТРИ» на имитаторе навигационных сигналов оценка метрологических характеристик макета измерительного комплекса, состоящего из приемного тракта в составе: усилитель, цифровой регистратор, устройство обработки по МВН, показала, что в диапазоне L1 ГЛОНАСС на уровне «0» при низких уровнях сигнала (минус 163 - 164 дБВт) погрешность оценки мощности сигнала составила 1,5 - 1,6 дБ, а при высоких уровнях сигнала (минус 95 дБ) не превысила 0,5 дБ.

В настоящее время в рамках работ по достижению характеристик системы ГЛОНАСС проводятся работы по модернизации МК ОЭХ, в том числе в части программного обеспечения измерений характеристик перспективных сигналов ГНСС.

Литература:

1. Dong X. iGMAS and its Progress // Proceedings of the 26th International Technical Meeting of the ION Satellite Division, ION GNSS+ 2013, Nashville, Tennessee, September 16-20, 2003. P. 3006–3029.
2. Wenhai Jiao, Xurong Dong, Hanrong Sun, Shuli Song. Update of the international GNSS Monitoring and Assessment System (iGMAS) // 11th Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems, 11th ICG 2016.
3. Денисенко О.В., Федотов В.Н., Сильвестров И.С., Воронов В.Л., Завгородний А.С., Рябов И.В., Болкунов А.И. Измерение мощности радионавигационных сигналов навигационного космического аппарата на основе использования крупноапертурной зеркальной антенной системы. «Полет. Общероссийский научно-технический журнал». 2018. - №1. с. 44-48.
4. Balser D., Braatz J., David F., Frank G., Kepley A., Kobelski A., O'Neil K., Langston G., Lynch R., Madalena R., Mason D., Minter T., Perera D., Prestage R., Ransom S. Observing With The Green Bank Telescope // *GBT Scientific Staff* November 3, Version 3.3. – 2015.
5. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб и доп. М. Радиотехника, 2010. – 800 с.
6. Zavgornodnii A.S., Pecheritsa D.S. A method for the measurement of the power of the orthogonal components of the signals of global satellite navigation systems. «Measurements Techniques», 2015. – Volume 58 Issue 1, pp 29-33.
7. Харисов В.Н., Пельтин А.В. Алгоритм временного накопления для мониторинга сигналов ГЛОНАСС // М.: Радиотехника. Радиосистемы (Журнал в журнале), № 7, 2014. – с. 75-79.
8. Харисов В.Н., Пельтин А.В., Валуев Е.В. Метод временного накопления – основа технологии мониторинга сигналов ГНСС // М.: Радиотехника. № 11, 2017. – с. 46-54.
9. Власов И.Б., Михайлицкий В.П., Гаврилов А.И., Рыжов В.С. Результаты наблюдения сигналов спутниковых систем с помощью антенны радиотелескопа РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. Спец. вып. №7. Радиооптические технологии в приборостроении. – 2012. – С. 182 – 190.
10. Денисенко О.В., Федотов В.Н., Воронов В.Л., Рыжов В.С., Завгородний А.С., Рябов И.В. Результаты наблюдений навигационных космических аппаратов ГНС ГЛОНАСС на особых участках орбиты // Вестник метролога, 2017, № 4. – Изд. ВНИИФТРИ, Менделеево. - С. 15 - 18.

О СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ABOUT A SYSTEMATIC ERROR OF MEASUREMENTS OF AVERAGE SPEED

Еремин Е.В., к.т.н., Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ»
Eremin E.V., k.t.s., Denisenko O.V., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI»

тел. +7(985)776-25-91; +7(495)526-63-75
e-mail: e_eremin@mail.ru; denisenko@vniiftri.ru

Получено новое выражение для систематической погрешности измерения средней скорости как результата косвенного измерения, определяемого на основании измерений расстояния (пройденного пути) и времени его прохождения. Выполнена оценка степени точности представления (замены) соответствующей функции рядом Тейлора и представлено выражение для оценки значения остаточного члена ряда. На примерах показано, что пренебрежение фактом возникновения систематической погрешности и ее значениями возможно далеко не в каждом случае.

A new expression has been obtained for the systematic error in measuring the average velocity as a result of an indirect measurement determined on the basis of measuring the distance (distance traveled) and the time of its passage. The degree of accuracy of the representation (replacement) of the corresponding function by the Taylor series is estimated and an expression is presented for estimating the value of the remainder term of the series. The examples show that neglect of the fact of the occurrence of a systematic error and its values is probably not in every case.

Ключевые слова: систематическая погрешность, косвенное измерение, средняя скорость, истинное значение, точность.

Key words: systematic error, indirect measurement, average speed, true value, accuracy.

Ранее в [1,2] было показано, что измерение средней скорости v по своему приему получения результата измерения относится к косвенным измерениям [3]: искомое значение величины определяют на основании результатов измерений расстояния (пройденного пути) l и интервала времени Δt прохождения этого расстояния (пути), функционально связанных с искомой величиной –

$$v = l / \Delta t = f(l, \Delta t). \quad (1)$$

В [1,2] также представлены результаты оценки погрешностей результатов косвенных измерений вида (1) с помощью так называемого метода линеаризации [4,5] путём разложения функции $v = f(l, \Delta t)$ в ряд Тейлора (при сохранении в разложении членов не выше второго порядка) вблизи точки $A(L, \Delta T)$, где L и ΔT – истинные значения пройденного расстояния и интервала времени прохождения этого расстояния, и было показано, что результат косвенного измерения скорости v имеет систематическую погрешность, присущую всем косвенным измерениям [4-6], так как, при условии независимости случайных погрешностей измерений величин l и Δt , было установлено, что

$$E[v] = E[f(l, \Delta t)] = L/\Delta T + D_t L/\Delta T^3 = V + D_t V^3/L^2, \quad (2)$$

где $E[...]$ – символ математического ожидания; $V = L/\Delta T$ – истинное значение скорости; D_t – дисперсия случайных погрешностей измерений интервалов времени Δt ; $D_t L/\Delta T^3 = D_t V^3/L^2$ – систематическая погрешность результата косвенных измерений средней скорости.

В работах [1,2] оценки степени точности представления (замены) функции $v = f(l, \Delta t)$ рядом Тейлора в разложении членов не выше второго порядка и значения остаточного члена в этом разложении не проводились.

Выполним эти оценки.

Ряд Тейлора в разложении членов не выше второго порядка для функции двух переменных $v = f(l, \Delta t)$ в некоторой окрестности точки $A(L, \Delta T)$ в общем случае [7] представляется как

$$v = f(l, \Delta t) = f(L, \Delta T) + (l - L)f'_l(L, \Delta T) + (\Delta t - \Delta T)f'_{\Delta t}(L, \Delta T) + 1/2 [(l - L)2 \times f''_{ll}(L, \Delta T) + 2(l - L)(\Delta t - \Delta T)f''_{l\Delta t}(L, \Delta T) + (\Delta t - \Delta T)^2 f''_{\Delta t\Delta t}(L, \Delta T)] + R_3, \quad (3)$$

вала времени Δt , в разделе 5 «Основные показатели и метрологические характеристики» ГОСТ Р 57144 пункт 5.5, устанавливающий, что «пределы допустимой абсолютной погрешности привязки текущего времени измерителя к шкале времени UTC (SU) не должны превышать ± 3 с», целесообразно (в соответствии с терминами и определениями п.п.3.5 и 3.14 ГОСТ Р 57144) изменить на следующую редакцию:

«5.5. Пределы допустимой абсолютной погрешности измерения времени, затраченному транспортным средством на преодоление контролируемого участка, не должны превышать $\pm 0,01$ с».

В заключение отметим следующее:

1. Измерение средней скорости по своему приему получения результата измерения относится к косвенным измерениям, результат которых «отягчен» погрешностью, которая по характеру проявления является систематической, а по причине возникновения - из-за ограниченной точности формул, применённых для описания тех явлений, которые положены в основу измерения, - методической;

2. Установлено, что степень точности замыны функции $v = f(l, \Delta t)$ многочленом в виде ряда Тейлора (при сохранении в разложении членов не выше второго порядка) с учётом остаточного члена достаточно высока;

3. Представлено выражение для оценки значения самого остаточного члена разложения, в котором абсолютные погрешности результатов измерений расстояния (пройденного пути) и интервала времени его прохождения должны быть равными их практически предельным значениям;

4. Проведенные расчеты на примерах установленных в ГОСТ Р 57144 и ГОСТ Р 57145 метрологических требованиях к комплексам и системам системы для измерений (контроля) скорости движения ТС показали, что основной «причиной» возникновения систематической погрешности измерения средней скорости являются погрешности измерения интервала времени и пренебрежение фактом возникновения этой систематической погрешности и ее значением возможно далеко не в каждом случае;

5. Для исключения влияния возникающей систематической погрешности измерения средней скорости движения ТС при выполнении требований ГОСТ Р 57144 и ГОСТ Р 57145 к комплексам и системам системы для измерений (контроля) скорости движения ТС предлагается изменить формулировку пункта 5.5 ГОСТ Р 57144 в части установления требований к пределам допустимой абсолютной погрешности измерения времени, затраченному транспортным средством на преодоление контролируемого участка, которые не должны превышать $\pm 0,01$ с.

Литература:

1. Денисенко О.В., Добровольский В.И., Донченко С.И., Еремин Е.В. Испытания спутниковой навигационной аппаратуры // Партнёры и конкуренты. 2002. № 9. С.33-38.
2. Денисенко О.В., Донченко С.И., Еремин Е.В. Комплекс эталонов для проведения испытаний аппаратуры потребителей сигналов спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS //Измерительная техника. 2003. № 2. С.13-21.
3. РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
4. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.
5. Видуев Н.Г., Кондра Г.С. Вероятностно-статистический анализ погрешностей измерений. М.: Недра, 1969.
6. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978.
7. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. М.: Наука. 1976.
8. ГОСТ Р 57144-2016. Специальные технические средства, работающие в автоматическом режиме и имеющие функции фото- и киносъемки, видеозаписи, для обеспечения контроля за дорожным движением. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 57145-2016. Специальные технические средства, работающие в автоматическом режиме и имеющие функции фото- и киносъемки, видеозаписи, для обеспечения контроля за дорожным движением. Правила применения.

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ОЦЕНОК ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АПОСТЕРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

THE METHOD OF CONSTRUCTING ESTIMATES OF THE ACCURACY OF MEASUREMENTS BASED ON THE USE OF A POSTERIORI INFORMATION

Волчков А.А., Исаев Ю.А., Леонова К.С., Фуфаева О.В., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
Хайруллин Р.З., д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Volchkov A.A., Isaev Yu.A., Leonova K.S., Fufaeva O.V., FSBI «MSMC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Khayrullin R.Z., d.ph.-m.s., Moscow State (National Research) University of Civil Engineering
e-mail: 32gnii@mil.ru; tel. 8(498)684-75-67

Исследуется проблема повышения точности 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 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 измерений, байесовский подход, апостериорная информация.

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

В случае прямых измерений результат измерения представляет собой сумму двух случайных величин: действительного значения измеряемого параметра и погрешности измерения. В общем случае указанные случайные величины могут иметь разные законы распределения, в том числе могут быть распределены равномерно.

Примерами реальных ситуаций, приводящих к необходимости рассмотрения равномерно распределенных случайных величин, могут служить: ошибка при снятии показаний с измерительных приборов, в случае когда производится округление до ближайшего целого деления; описание погрешностей аналого-цифрового преобразования; измерения гармонических колебаний со случайной фазой; погрешности квантования в цифровых приборах. Поэтому рассмотрение случая равномерно распределенных случайных величин представляет практический интерес.

Отметим также, что равномерное распределение зачастую используется в качестве «первого приближения» в описании априорного распределения анализируемых параметров.

Постановка и решение задачи. Пусть результат измерения имеет вид $Z = X + Y$, где Y – действительное значение измеряемой величины, X – погрешность измерения. Погрешность измерения будем оценивать среднеквадратическим отклонением σ [1, 2]. В случае, когда оказывается возможным наблюдать и анализировать результат измерения Z , появ-

ляется дополнительная информация, которая может быть использована для апостериорной оценки (переоценки) погрешности измерения и увеличения точности измерения. Задачу повышения точности измерений за счет использования дополнительной информации будем решать на основе Байесовского подхода [3].

Пусть действительное значение случайной величины и погрешность измерения имеют равномерное распределение на отрезках $[-d, d]$ и $[-a, a]$ соответственно, причем $a < d$. Равномерное распределение не является устойчивым по отношению к операции суммирования. Сумма действительного значения измеряемой величины и погрешности будет иметь трапециевидальное распределение [1, 2]:

$$f(z) = \begin{cases} 0 & , x + y < -a - d \\ \frac{x + y}{4ad} + \frac{a + d}{4ad} & , -a - d \leq x + y < a - d \\ \frac{1}{2d} & , a - d \leq x + y < d - a \\ -\frac{x + y}{4ad} + \frac{a + d}{4ad} & , d - a \leq x + y < a + d \\ 0 & , a + d \leq x + y \end{cases}$$

Функция условного распределения величины Z при условии Y , вычисленная по формулам [1, 2]:

$$f_y(z) = \frac{f(z)}{f_1(y)}, \quad f_1(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx,$$

имеет вид:

ния оценок точности измерений на основе использования апостериорной информации и представлены результаты его применения в случае равномерного распределения действительного значения измеряемой величины и погрешности измерения.

Полученные результаты показывают, что за счет учета дополнительной информации, которая может быть получена в результате или процессе измерений, возможно построение более достоверных оценок точности измерений. Необходимым условием для этого является наличие зависимости суммы действительного значения и погрешности от действительного значения измеряемого параметра.

Проведенные исследования других законов распределения показали, что:

- если случайные величины X и Y независимы и имеют нормальное распределение, то величины Y и Z также будут независимыми нормально распределенными случайными величинами;

- если случайные величины X и Y независимы и имеют экспоненциальное распределение, то величины Y и Z также будут независимыми экспоненциально распределенными случайными величинами.

Таким образом, в случаях нормального и экспоненциального распределения случайных величин X и Y использование апостериорной информации не приводит к уменьшению среднеквадратического отклонения (повышению точности измерений).

Построение Байесовских точечных и интервальных оценок основано на использовании знания апостериорной функции распределения $f_x(z)$. Для построения точечных оценок могут быть использованы стандартные формулы расчета статистических моментов различных порядков. Для построения Байесовского доверительного интервала по заданной доверительной вероятности P_0 сначала определяются $100 \cdot (1 + P_0) / 2 \%$ - точка и $100 \cdot (1 - P_0) / 2 \%$ - точка апостериорного закона распределения, которые и дают соответственно левое и правое значение искомой интервальной единицы.

Заметим, что Байесовский способ оценивания может давать весьма ощутимый выигрыш

в точности при ограниченных объемах выборок по сравнению с традиционным «частотным» подходом. В процессе же неограниченного роста объема выборки оба подхода будут давать, в силу их состоятельности, все более похожие результаты.

Применение Байесовского подхода в нетривиальных случаях может привести к необходимости вычисления многомерных интегралов, что связано с большими вычислительными затратами. Однако уровень развития современной вычислительной техники позволяет эффективно решать широкий круг практических задач, направленных на повышение точности измерений.

Отметим, что в большинстве практических задач вид функции распределения измеряемой величины, как правило, неизвестен. Задача установления вида эмпирической функции распределения и установление факта зависимости (независимости) указанных величин может представлять собой самостоятельную задачу. В этих практических задачах после построения эмпирической функции распределения также может быть эффективно применен описанный в статье подход к построению оценки точности измерений.

Полученные в статье результаты могут найти применение при разработке методик измерений, при проведении проверок и калибровок средств измерений, при разработке приспособляющихся, самообучающихся и самонастраивающихся измерительных систем [4,5].

Литература:

1. Вентцель Е.С., Исследование операций. Москва. Наука. 1972. 552 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения., Москва. 2014 г. 383с.
3. Айвазян С.А. Байесовский подход в эконометрическом анализе. Прикладная эконометрика. 2008, № 1(9). С. 93-130.
4. Tipping M. Sparse Bayesian Learning. Journal of Machine Learning Research, 1, 2001, pp. 211-244.
5. 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.

РАЗВИТИЕ ЭТАЛОНА ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ФОТОННОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ. THE DEVELOPMENT OF THE STANDARD OF THE ABSORBED DOSE FOTON IONIZING RADIATIONS.

Берлянд А.В., к.т.н., Берлянд В.А., к.т.н., Панасенко Р.А., ФГУП «ВНИИФТРИ»,
Успенский А.П., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Berlyand A.V., k.t.s., Berlyand V.A., k.t.s., Panasenکو R.A., FSUE «VNIIFTRI»,
Uspenskii A.P., FSBI «MSMC» of the Ministry of Defense of Russian Federation

e-mail: berlyand_av@vniiftri.ru, bva110@mail.ru., panasenکو.roman@gmail.com, otel25@yandex.ru
тел. +7(495) 660-17-44, +7 (495) 660-17-44, +7 (926) 211-18-69, +7 (495) 526-63-49 доб.24-22

Аннотация: Рассмотрены результаты совершенствования эталона поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения, основанные на использовании новых средств измерений и регулирующей аппаратуры, а также нового программного обеспечения. Приведен анализ метрологических характеристик эталона.

Abstract: The results of improving the standard of the absorbed dose of photon-ionizing radiation, based on the use of new measuring instruments and regulatory equipment, as well as new software, are considered. The analysis of metrological characteristics of the standard is given.

Ключевые слова: поглощенная доза, фотонное ионизирующее излучение, калориметр, эталон.

Keywords: absorbed dose, photon ionizing radiation, calorimeter, standard.

Введение.

Задачей эталонов поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения является воспроизведение единицы поглощенной дозы или мощности поглощенной дозы в точке гомогенного графитового фантома при определенных, стандартных условиях формирования поля излучения[1], . Рассматриваемый эталон воспроизводит единицы дозы и мощности дозы гамма-излучения Co-60. Графитовый калориметр представляет собой систему, состоящую из нескольких частей. Схематически устройство калориметра приведено на рисунке 1.

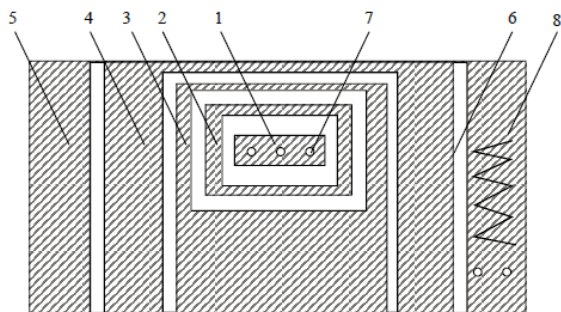


Рисунок 1 - Устройство калориметра

Центральная часть калориметра – поглотитель (1) представляет собой графитовый диск диаметром 20 мм и толщиной 3 мм. Внутри него вмонтированы три микротермистора (7). Два термистора имеют сопротивление ~ 2.7 кОм, они используются для измерения изменения температуры поглотителя. Сопротивление третьего термистора ~ 180 кОм. Он выполняет функции нагревательного элемента.

Поглотитель окружают три графитовые оболочки (2, 3, 4) и графитовый фантом (5). Все элементы калориметра отделены друг от друга вакуумными зазорами (6), необходимыми для уменьшения теплопередачи между этими элементами. Ширина зазоров выбиралась исходя из стремления, с одной стороны, уменьшить теплопередачу между элементами калориметра, а, с другой стороны, сохранить гомогенность среды, чтобы зазоры не нарушали распределение флюенса фотонного излучения. Первая оболочка служит для обеспечения адиабатических условий поглотителя и выполняет роль теплового буфера между поглотителем и другими элементами калориметра. Для уменьшения теплообмена оболочка покрыта алюминизированной лавсановой пленкой. Оболочка снабжена проводочным нагревательным элементом, равномерно распределенным по поверхности оболочки. Вторая оболочка (4) содержит в себе первую оболочку и поглотитель. Она также покрыта алюминизированной лавсановой пленкой и снабжена проводочным нагревательным элементом.

Вышеперечисленные части калориметра находятся внутри третьей оболочки (5). В оболочку вмонтированы два термистора для измерения температуры и нагревательный элемент. Графитовый фантом окружает поглотитель с оболочками. Он размещается в корпусе, в котором с помощью вакуумной системы поддерживается вакуум ~ 10^{-3} Па.

Согласно определению поглощенной дозы [2], среднее значение дозы в поглотителе калориметра $D_{\text{полг}}$ - это отношение поглощенной в

Таблица 1

Составляющая погрешности, θ_i	Значение погрешности, %
Определение эффективной массы поглотителя	0,05
Влияние вакуумных зазоров	0,2
Тепловые потери	0,2
Измерение силы тока, протекающего через «нагревательный» термистор	0,1
Измерение падения напряжения на нагревательном термисторе	0,05
Измерение времени выделения электрической мощности	0,05
Неоднородность поля излучения в радиальном направлении в поглотителе калориметра	0,07
Неоднородность поля излучения в аксиальном направлении в поглотителе калориметра	0,08

Значение суммарной систематической погрешности θ для доверительной вероятности 0,99, рассчитанная по формуле (7), составляет:

$$\theta = 1,42 \cdot \sqrt{\sum \theta_i^2} = 0,47 \, \%$$

Случайная погрешность эталона, рассчитанная по формуле (6), для 20 независимых наблюдений, не превышает 0,2 %.

Таким образом, метрологические характеристики эталона, подтвержденные результатами сличений с Государственным первичным эталоном еди-

ниц поглощенной дозы фотонного и электронного излучений ГЭТ 38-2011 [5], [6], составляют:

- неисключенный остаток систематической погрешности не превышает 0,5 %, ($\Theta = 0,5 \, \%$);
- случайная погрешность не превышает 0,2 % для 20 независимых наблюдений ($S = 0,2 \, \%$).

Неопределенности результата измерений на эталоне.

Бюджет неопределенностей результата измерений на эталоне, рассчитанный в соответствии с рекомендациями [7], [8], приведен в таблице 2.

Таблица 2

Источники неопределенности	Относительная стандартная неопределенность	
	$u_{0A}, \, \%$	$u_{0B}, \, \%$
Определение эффективной массы поглотителя	-	0,03
Влияние вакуумных зазоров	-	0,12
Тепловые потери	-	0,12
Измерение силы тока, протекающего через «нагревательный» термистор	0,05	0,06
Измерение падения напряжения на нагревательном термисторе	0,05	0,03
Измерение времени выделения электрической мощности	0,01	0,03
Неоднородность поля излучения в радиальном направлении в поглотителе калориметра	-	0,04
Неоднородность поля излучения в аксиальном направлении в поглотителе калориметра	-	0,05
Воспроизводимость	0,2	-
Квадратичная сумма	0,21	0,20
Суммарная относительная стандартная неопределенность	0,29	

Расширенная неопределенность результата измерения поглощенной дозы или мощности поглощенной дозы (коэффициент расширения $K=2$) не превышает 0,6 %.

Литература:

1. IAEA TRS-398 Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water.
2. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Report 14 (ICRU 1969). В
3. D. Radu Heat loss through connecting thermister wires in a three-body graphite calorimeter. Metrologia 47 (2010) 179-191.
4. B. Owen, A.R. DuSautoy Correction for the effect of the gaps around the core of an absorbed dose

graphite calorimeter in high energy photon radiation. Phys. Med.Biol., Vol 36, № 12, 1699-1704.

5. В.А. Берлянд, Ю.И. Брегадзе – Государственный первичный эталон единицы мощности поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения. //Измерительная техника// 1985, № 4.

6. А.В. Берлянд, В.А. Берлянд, Ю.И. Брегадзе. Государственный первичный эталон единиц мощности поглощенной дозы фотонного и электронного излучений, его совершенствование и результаты ключевых сличений. //Измерительная техника// 2010, № 2, стр. 3-8.

7. ГОСТ 8.381-80 ГСИ ЭТАЛОНЫ Способы выражения погрешностей.

8. International organization for standardization. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 2nd, Geneva (1995).

19-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС МЕТРОЛОГИИ CIM2019 19TH INTERNATIONAL CONGRESS OF METROLOGY CIM2019

Мазуркевич А.В., Соколов Д.А., ФГУП «ВНИИФТРИ», Тимофеев Е.Ю., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Mazurkevich A.V., Sokolov D.A., FSUE «VNIIFTRI», Timofeev E.Y., d.t.s., FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia

tel.: +7 (495) 526-63-84 (доб. 24-30, 26-25)
e-mail: avm@vniiftri.ru, sokolov@vniiftri.ru

Аннотация: В период с 23 сентября по 27 сентября 2019 г. сотрудники ФГУП «ВНИИФТРИ» приняли участие в работе 19-го Международного конгресса по метрологии «CIM 2019». Представили стендовый доклад на тему: «Интерферометрический калибровочный стенд длиной до 60 м» из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины ГЭТ 199 – 2018.

Abstract: At period since September 23 on September 27 2019 employees FSUE «VNIIFTRI» have took part in work 19th International congress of metrology «CIM 2019». They presented a poster on the topic: «Interferometric calibration bench for length up to 60 m» from composition of the State primary special standard of the unit of the length GET 199 - 2018.

Ключевые слова: процессы измерения, анализа и тестирования, инновации и решения, измерение длины, воспроизведение единицы длины, определение метра, фемтосекундный лазер.

Keywords: processes of measurement, analysis and testing, innovation and solutions, length measurement, reproduction of a unit of length, determination of a meter, femtosecond laser.



Введение

CIM является единственным событием такого рода в Европе и очень важным в профессиональной среде. Он включает в себя Международный метрологический Конгресс (конференцию о последних событиях в технологии и измерительных процессах) и выставку «Мир измерений», которые прошли в партнерстве. «Мир измерений» - ежегодное место встречи производителей, специалистов и ученых, а также всего европейского метрологического научного сообщества [1].

Было проведено 200 презентаций и 6 круглых столов, в которых приняли участие 1000 специалистов из 45 стран.

На открытии конгресса с приветственными словами выступили организаторы: Даниэль Жюльен, сопредседатель конгресса и Жером Лету-Монтуа, директор выставки «Мир измерений».

Сотрудники «ВНИИФТРИ» посетили следующие сессии докладов:

«Размерная метрология» - председатель Фран-

суа Хеннебель - Университет Бургундии (Франция); «СИ, что дальше?» председатели - Пьер Гурнай - BIPM, Джей Ти Дженсен - NPL (Великобритания); «Наука с вкладом» - председатель Мария-Луиза Растелло - INRIM (Италия), Магелон Шамбон - LNE (Франция); «Неопределенности: набор инструментов» - председатель Александр Аллар - LNE (Франция); «Нанометрология» - председатель Эмерик Фреяфон - INERIS (Франция); «Фотоника» - председатель Стефан Куэк - PTB (Германия).

После сессии устных докладов в сессию стендовых докладов сотрудники «ВНИИФТРИ» представили доклад на тему: «Интерферометрический калибровочный стенд длиной до 60 м» А. Мазуркевич, Д. Соколов ФГУП «ВНИИФТРИ» о входящем в состав ГЭТ 199 - 2018 интерферометрическом калибровочном стенде длиной до 60 м (ИКС), являющимся исходным средством измерительной техники в структуре эталона и предназначенным для воспроизведения, хранения и передачи единицы длины высокоточным средствам измерения расстояний.

Единица длины внутри ГЭТ 199 - 2018 (рисунок 1) передается следующим образом:

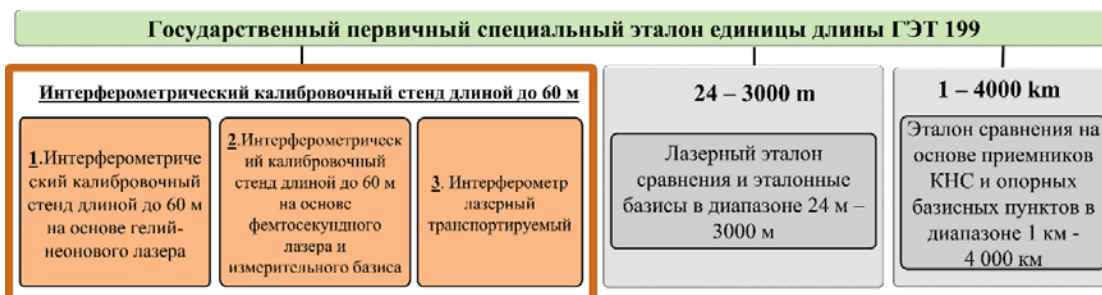


Рисунок 1 - Структурная схема Государственного первичного специального эталона единицы длины ГЭТ 199

электронный тахеометр (рисунок 2) из состава второй части эталона калибруется на 60 метровой измерительной линии. С помощью откалиброванного электронного тахеометра измеряется геодезический базис длиной 1–3 км (рисунок 3), на одном из пунктов кото-

рого располагаются спутниковый лазерный дальномер и навигационные приемники, подлежащие калибровке. Далее единица длины передается на 3-ю часть эталона до 4000 км (рисунок 4).



Рисунок 2 - Электронный тахеометр из состава ГЭТ 199 – 2012 на геодезическом базисе



Рисунок 3 - Геодезический базис ГЭТ 199 – 2012

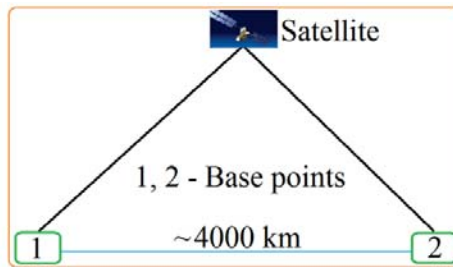


Рисунок 4 - Эталон сравнения на основе приемников КНС и опорных базисных пунктов в диапазоне 1 км - 4 000 км

Интерферометрический калибровочный стенд длиной до 60 м

ИКС расположен в отдельном здании и изолированном помещении с собственной системой вентиляции и кондиционирования. Имеет возможность удаленного управления из любой точки локальной сети для исключения дополнительного дестабилизирующего фактора связанного с присутствием человека внутри изолированного помещения. Конструкция фундамента позволяет снизить внешние воздействия на измерительный базис, а также воздействия в результате сезонных деформаций грунта, возникающих в данной местности.

На фундаменте комплекса установлена 64-метровая измерительная линия 2 (рисунок 5), состоящая из 32 гранитных балок, выстроенных в единую непрерывную линию. На гранитных балках закреплена высокоточная рельсовая направляющая качения. По ней перемещается из-

мерительная каретка с установленными на ней угловыми отражателями лазерного излучения и высокоточным инклинометром.



Рисунок 5 - Интерферометрический калибровочный стенд длиной до 60 м

В начале измерительной линии расположен интерферометр на основе фемтосекундного лазера 1 (рисунок 5). Принципиальная схема изображена на рисунке 6.

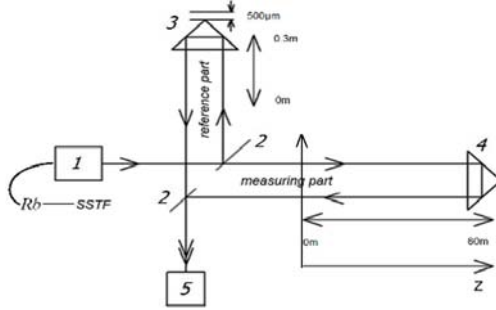


Рисунок 6 - Принципиальная схема интерферометра на основе фемтосекундного лазера

Источником когерентного излучения является фемтосекундный лазер 1 с системой фазовой стабилизации частоты повторения импульсов F с опорой на рубидиевый стандарт, который в свою очередь калибруется на Государственном эталоне времени и частоты. Излучение лазера распространяется вдоль измерительной линии до уголкового отражателя 4 (рисунок 6) на измерительной каретке. Во время движения измерительной каретки и совпадения фемтосекундных импульсов от опорного и измерительного плеча возникает сигнал, изображенный на рисунке 7 (точка А).

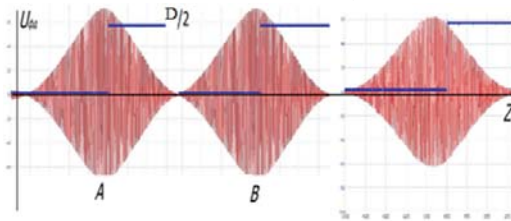


Рисунок 7 - Сигнал совпадения фемтосекундных импульсов

Расстояния между соседними точками А, В, ... (рисунок 7) имеют одинаковую протяженность, равную единице воспроизводимой длины $D/2$:

$$D/2 = c/2nF \approx 2,5 \text{ м},$$

где c – скорость света в вакууме, n – показатель преломления среды, F – частота повторения фемтосекундных импульсов.

Для вычисления показателя преломления среды вдоль измерительной линии расположено 40 датчиков температуры, 4 измерителя влажности и барометр – все средства измерения высокоточные и позволяют определить показатель преломления воздуха с точностью менее $8 \cdot 10^{-8}$.

Основные метрологические характеристики ГЭТ 199 - 2018 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические характеристики ГЭТ 199 - 2018

Стандартная неопределенность	До 60 м	24 – 3000 м	1 – 4000 км
Тип А	1,0 мкм	от: 0,03 мм до: 0,7 мм	46 мм
Тип Б	2,0 мкм	0,1 мм	10,7 мм
Суммарная	2,2 мкм	от: 0,1 мм до: 0,7 мм	23 мм
Расширенная ($k=2$)	4,4 мкм	от: 0,2 мм до: 1,4 мм	46 мм

Заключение

Измерительный комплекс представляет собой высокоточный интерферометр с фемтосекундным (генерирующим ультракороткие импульсы) лазером и предназначен для воспроизведения, хранения и передачи единицы длины высокоточным средствам измерения. Разработанные при создании интерферометра технические решения, а также результаты измерений, выполняемые с использованием комплекса, могут применяться, в том числе, при исследовании новых технологий измерения гравитационного потенциала.

«Сегодня интерферометр является одним из основных инструментов в определении и измерении гравитационных волн. В том числе на основе их исследований сегодня во всем мире создается навигация нового поколения, использующая свойства гравитационных полей.

Применение такого класса оборудования в новых разработках позволит существенно продвинуться в создании новых систем позиционирования. Научный потенциал и возможности ВНИИФТРИ в этой области соответствуют уровню ведущих метрологических организаций», – отметил генеральный директор ФГУП «ВНИИФТРИ» Сергей Донченко.

Литература:

- <https://cim2019.com/home.html>
- М.Ю. Васильев, В.М. Татаренков, А.Н. Щипунов, В.Н. Бузыкин, С.А. Губин, О.М. Олейник-Дзядик, Д.А. Соколов «Фемтосекундные технологии воспроизведения единицы длины метр на микроном уровне в диапазоне длин до 60 м», доклады VII международного симпозиума «Метрология времени и пространства», ФГУП «ВНИИФТРИ», 2014 г.
- https://kcdb.bipm.org/AppendixC/country_list_search.asp?CountSelected=FI&type=L.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА НА НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА КООМЕТ
ТК 1.10 (ТЕРМОМЕТРИЯ И ТЕПЛОФИЗИКА)
PROSPECTS OF TRANSITION TO A ON NEW PRINCIPLES THE ACTIVITY OF THE COOMET TECHNICAL
COMMITTEE TC 1.10 (TEMPERATURE, THERMAL PHYSICS)**

*Походун А.И., д.т.н., ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Храменков В.Н., д.т.н., Бойко И.Г., к.т.н.,
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России*

*Pohodun A.I., d.t.s., FSUE «VNIIM im. D.I. Mendeleev», Khramenkov V.N., d.t.s., Boyko I.G., k.t.s.,
FSBI «MSMC» Ministry of Defense of Russian Federation
тел. +7(495)586-96-49; +7(495)568-23-88
e-mail: Boyko32@mail.ru; 32gniii_vm@mail.ru*

Проведена оценка состояния и перспектив перехода к новому определению Кельвина национальными метрологическими институтами

The assessment of the state and prospects of transition to a new definition of Kelvin by national metrological institutes is carried out

Ключевые слова: национальные эталоны, экспертиза, термометр.

Keywords: national standards, expert operation, thermometer.

Технический комитет «термометрия и теплофизика» ТК 1.10 является частью структуры КООМЕТ, основной функцией которого является организация сотрудничества в области измерений температуры и других теплофизических величин. В настоящее время членами КООМЕТ являются метрологические учреждения 21 страны, 6 из которых являются ассоциированными членами КООМЕТ.

Основным направлением деятельности технического комитета ТК 1.10 является реализация национальными метрологическими институтами КООМЕТ «Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» (договоренности о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами, СИРМ МРА, подписана ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 14.10.1999 г.) [1].

Основными задачами ТК 1.10 являются:

- организация и проведение сличений национальных эталонов;
- обеспечение признания измерительных возможностей национальных метрологических институтов стран-участниц КООМЕТ;
- организация и выполнение экспертизы калибровочных и измерительных возможностей национальных метрологических институтов стран КООМЕТ, а также экспертиза измери-



тельных возможностей национальных метрологических институтов других региональных метрологических организаций.

Кроме того, в рамках деятельности технического комитета КООМЕТ ТК 1.10 разрабатываются нормативные документы, касающиеся калибровки средств теплофизических и температурных измерений. На заседаниях технического комитета его члены, представляющие национальные метрологические институты КООМЕТ, информируются о деятельности Консультативного комитета по термометрии (ККТ), основанного в 1937 г. В России членами ККТ являются ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и ФГУП «ВНИИФТРИ».

Деятельность ТК 1.10 осложнена следующими факторами:

1. В России только ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и ФГУП «ВНИИФТРИ» могут ор-

ганизовать региональные ключевые сличения KOOMET.

2. Многие национальные институты KOOMET созданы на основе центров стандартизации и метрологии, в которых отсутствует аппаратура, соответствующая по точности уровню национальных эталонов. Создание национальных эталонов и подготовка специалистов в каждом институте занимает достаточно много времени. Это время является индивидуальным для каждого института. Поэтому ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» вынуждено повторять одни и те же сличения с разными национальными институтами по мере готовности их эталонов к сличениям.

Однако, не смотря на эти трудности, национальные метрологические институты KOOMET успешно участвуют в сличениях, результаты которых обеспечивают признание их измерительных возможностей.

Так, в области термометрии выполнено 7 ключевых и 2 дополнительных сличения, которые обеспечили признание измерительных возможностей национальных метрологических институтов KOOMET.

На рисунке 1 показаны измерительные возможности национальных метрологических институтов по состоянию на начало 2019 года. Важно отметить, что ввиду завершения еще одних региональных и одних дополнительных сличений ожидается существенное увеличение их измерительных возможностей.

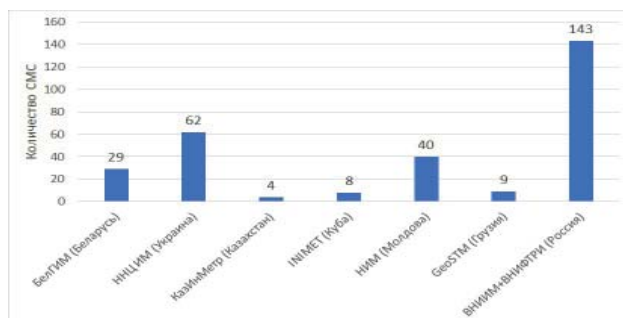


Рисунок 1 - Измерительные возможности национальных метрологических институтов KOOMET

В измерениях других теплофизических величин выполнено достаточно большое

количество пилотных сличений в области теплопроводности и калориметрии сгорания.

Важно отметить, что в области измерений теплофизических величин Россия имеет большой научный задел и эталоны, которые пока отсутствуют в национальных метрологических институтах других стран. Поэтому в настоящее время ведущие национальные метрологические институты ведут активную работу по созданию эталонов таких физических величин как теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, излучательная способность.

В рамках KOOMET выполнены три пилотных сличения национальных эталонов единицы теплопроводности. В них участвовали ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (Россия), БелГИМ (Беларусь) и КазИНМЕТР (Казахстан). Результаты сличений показали хорошую эквивалентность эталонов, участвовавших в сличениях.

Следующим шагом в организации сличений является проведение дополнительных сличений, в которых участвуют национальные метрологические институты России (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»), Мексики (CENAM), Франции (LNE), США (NIST), Великобритании (NPL) и Германии (PTB). Сличения были успешно завершены, результаты опубликованы, однако отчет по сличениям пока не опубликован.

В области измерений теплоты сгорания выполнено 7 сличений, которые носят исследовательский характер.

Важным элементом деятельности технического комитета KOOMET ТК 1.10 является взаимодействие с другими метрологическими организациями. До последнего времени это взаимодействие ограничивалось контактами с национальными лабораториями, участвовавшими во взаимных сличениях и межрегиональной экспертизе заявленных измерительных возможностей.

Между Европейской Ассоциацией государственных метрологических институтов (EURAMET) и Евро-Азиатским сотрудничеством государственных метрологических учреждений (KOOMET) с апреля 2018 года

развивается совместная деятельность региональных организаций. Руководитель технического комитета KOOMET ТК 1.10 принимал участие в заседаниях технического комитета EURAMET TCT и выступал с докладами в 2018 и 2019 годах.

27-29 августа 2019 г. в Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ» (г. Иркутск, Россия) состоялось 16-е заседание ТК 1.10 KOOMET «Термометрия и теплофизика», в котором принимала участие руководитель технического комитета EURAMET TCT доктор Долорес дель Кампо Мальдонадо (Dr. Dolores del Campo Maldonado).

В докладе были изложены структура и направления деятельности технического комитета EURAMET TCT, а также стратегия комитета EURAMET TCT в области измерений теплофизических величин.

Отличительными особенностями EURAMET являются:

- организация EURAMET включает в себя большое количество национальных метрологических институтов высочайшего научного уровня, которые определяют современное состояние обеспечения единства измерений в мире;

- EURAMET формирует региональные долгосрочные программы научных исследований, направленные на решение фундаментальных и прикладных задач в области метрологии;

- программы EURAMET финансируются Евросоюзом, что делает эти программы реализуемыми. Кроме того, проекты, имеющие прикладное значение, финансируются с участием крупных промышленных предприятий;

- сотрудничество национальных метрологических институтов стран-участниц EURAMET не усложнено проблемами пограничного и таможенного контроля.

В результате визита и выступления Долорес дель Кампо Мальдонадо была достигнута договоренность о совместной разработке нормативных документов, касающихся наилучших методов калибровки средств измерений температуры. В августе было получено приглашение о совместной работе над

методикой калибровки термометров поверхностей.

На заседании ТК 1.10 KOOMET «Термометрия и теплофизика», состоявшемся 27-29 августа 2019 г., также обсуждался вопрос о переходе на новое определение Кельвина в странах – участницах организации KOOMET.

Известно [1, 2], что с 20 мая 2019 г. единица температуры Кельвин (символ К) – это единица термодинамической температуры, которая определена путем установления фиксированного численного значения постоянной Больцмана.

Определение Кельвина основано на назначении фиксированного значения для постоянной Больцмана, которая является коэффициентом, связывающим единицу температуры с единицей тепловой энергии. Величина $kT = \tau$, которая присутствует в уравнениях состояния, является характеристической энергией, определяющей распределение энергии между частицами системы, находящейся в тепловом равновесии. Так, для несвязанных атомов температура пропорциональна средней кинетической энергии. Если в настоящее время фиксированное значение приписано температуре тройной точки воды, а постоянная Больцмана является зависимой величиной, то фиксированное значение должна иметь постоянная Больцмана, а все температуры реперных точек, включая тройную точку воды, будут измеряемыми величинами [3].

Главным преимуществом введения нового определения Кельвина считается повышение точности температурных измерений в области температур, далеких от тройной точки воды. Таким образом, например, станет возможным применение абсолютных радиационных термометров без опоры на тройную точку воды. Новое определение Кельвина должно способствовать развитию первичных термодинамических методов реализации температурной шкалы, наряду с методами, описанными в МТШ-90 [4]. В перспективе новое определение Кельвина должно привести к повышению точности температурной шкалы и расширению ее диапазона без серьезных экономических и

организационных последствий, сопровождавших введение новых предыдущих практических шкал.

Для большинства специалистов, занимающихся измерением температуры, переопределение единицы температуры будет незаметно. Вода будет по-прежнему затвердевать при 0° С, а термометры, градуированные до изменения определения Кельвина, будут по-прежнему показывать правильное значение температуры. Преимуществом переопределения единицы станет продвижение техники прямых измерений термодинамической температуры параллельно с методами, описанными в международной температурной шкале МТШ-90.

Впоследствии новое определение будет способствовать постепенному повышению точности температурных измерений без ограничений, накладываемых производством и использованием сосудов тройной точки воды.

Таким образом, 1 Кельвин соответствует изменению тепловой энергии на $1,38064852 \times 10^{-23}$ джоулей. Измерять точную температуру можно с помощью измерения скорости звука в сфере, заполненной газом. Скорость звука пропорциональна скорости перемещения атомов [1, 2].

Председатель технического комитета ТК 1.10 напомнил о том, что новое определение Кельвина вступило в действие в мае 2019 года. Представители ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и ФГУП «ВНИИФТРИ» выступили с докладами о ходе создания в Российской Федерации эталонов, реализующих это новое определение единицы температуры. Работы по их созданию близки к завершению. Так, специалистами ФГУП «ВНИИФТРИ» уже выполнен большой объем исследований, внесший существенный вклад в развитие термометрии. В частности, результаты их измерений учтены при определении значения константы Больцмана. В настоящее время выполняются измерения, целью которых является оценка отклонения шкалы МТШ-90 от термодинамической температурной шкалы.

Обсуждение текущего состояния дел, касающихся внедрения нового определения Кельвина в практику измерений в других странах - участницах КООМЕТ, позволяет сделать следующие выводы:

- национальный научный центр «Институт метрологии» Украины обладает необходимым оборудованием для создания эталона единицы температуры, реализующего новое определение Кельвина методом относительной первичной термометрии в диапазоне выше 961,78 °С;

- Белорусский государственный институт метрологии находится в стадии изучения проблемы и оценки целесообразности создания эталона исходя из имеющихся ресурсов;

- представители остальных национальных институтов КООМЕТ высказали мнение об отсутствии в настоящее время востребованности наукой и промышленностью эталонов, реализующих новое определение Кельвина, а также ресурсов для их создания.

По итогам заседания участники приняли решение провести семинары, посвященные внедрению в практику нового определения Кельвина в странах-участницах КООМЕТ. Также в рамках заседания были обсуждены вопросы о текущем состоянии измерительных возможностей национальных метрологических институтов КООМЕТ, представленных в базе данных Международного бюро мер и весов.

Литература:

1. Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» от 14.10.1999 г.
2. Разработка нового определения Кельвина. – URL: http://temperatures.ru/pages/razrabotka_novogo_opredeleniya_kelvina
3. Переопределение Кельвина. – URL: <https://habr.com/ru/post/407629>
4. The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)//Metrologia/-1990.-V.27-№107.

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ JOURNEES 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE JOURNEES 2019

Пасынок С.Л., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ»
Pasynok S.L., d.t.s., FSUE «VNIIFTRI»
e-mail: pasynok@vniiftri.ru

В октябре 2019 года в г. Париже (Франция) прошла международная научная конференция Международной службы вращения Земли (МСВЗ) «Астрометрия, вращение Земли и опорные системы в эпоху Гайи». В статье кратко рассматриваются основные результаты и тематика представленных докладов.

The international science conference IERS «Astrometry, Earth Rotation and Reference systems in the Gaia era» were provided in Paris (France) at October 2019. Brief view on results and themes of conference is presented.

Ключевые слова: GAIA, астрометрия, геодинамика и вращение Земли, параметры вращения Земли, небесная система координат.

Key words: GAIA, astrometry, geodynamics and Earth's rotation, EOP, CRF.

Введение. В первой декаде октября 2019 года в г. Париже (Франция) прошла международная научная конференция Международной службы вращения Земли и опорных систем (МСВЗ) «Астрометрия, вращение Земли и опорные системы в эпоху Гайи», Journees 2019 [1]. В конференции приняли участие ведущие специалисты в области астрометрии, геодинамики и вращения Земли. «Гайя» (GAIA) – космический телескоп Европейского космического агентства (ESA), основными задачами которого являлись высокоточное определение положений звезд и их скоростей и поиск экзопланет. В результате 6 лет работы Гайи был выпущен звездный каталог Gaia DR2 (Gaia Data Release 2), в котором содержатся данные о собственных движениях и положениях примерно миллиарда звезд нашей Галактики в оптической области спектра с точностью, сравнимой с точностью определения координат квазаров (около $20 \cdot 10^{-6}''$ для ярких источников и $200 \cdot 10^{-6}''$ для слабых). Вопрос о том, что могут дать результаты Гайи для решения задач по установлению и поддержанию международной небесной системы координат и определению параметров вращения Земли (ПВЗ), был одним из направлений докладов конференции. Другими направлениями являлись: опорные небесные системы координат, определение и прогнозирование ПВЗ, их метрология, динамика Солнечной системы, достижения в геодинимике и астрометрии и другие.

Всего на конференции было представлено более полустоти устных докладов и примерно столько же стендовых. В статье кратко рассматриваются основные результаты и тематика представленных докладов.

1. Общие сведения о конференции JOURNEES 2019

Конференция проходила в Париже с 7 по 9 октября в университете Пьера и Марии Кюри, ко-

торый с 2018 года является одним из подразделений Сорбонны – одного из старейших университетов Европы, и в Парижской обсерватории, которая наряду с Гринвичской и Главной астрономической обсерваторией Российской академии наук (ГАО РАН) является одной из старейших и известнейших астрономических обсерваторий.

Доклады условно были разбиты на 5 сессий:

- сессия 1 «Миссия GAIA»;
- сессия 2 «Геодинамика и вращение Земли: наблюдения и их обработка»;
- сессия 3 «Международная небесная координатная основа (ICRF) и астрогодезия»;
- сессия 4 «Геодинамика и вращение Земли: модели»;
- сессия 5 «Космическая навигация и динамика Солнечной системы».

В рамках этих сессий были также доклады, весьма отдаленно связанные с темами соответствующих сессий. Далее приведена тематика докладов соответствующих сессий с акцентом на сфере интересов ФГУП «ВНИИФТРИ»: метрология, установление и поддержание небесной и земной координатной основ (ICRF и ITRF), определение и прогнозирование ПВЗ.

2. Доклады сессии 1 «Миссия GAIA»

Доклады этой сессии включали 11 устных и 4 стендовых доклада. В основном они касались непосредственно самой миссии GAIA, оценки точности ее результатов, и получению параметров связи каталога GAIA DR2 и реализации ICRF в радиодиапазоне. Важные (с учетом акцентов) результаты здесь следующие.

Каталог GAIA не получит статуса первичного определения небесной системы координат: он лишь сменит каталог Hipparcos в части реализации ICRS в оптическом диапазоне. Первичное определение ICRF остается за удаленными внегалактическими источниками в радиодиапазоне (квазарами и лацертидами), координаты

которых определяются методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ). В оптический диапазон эта шкала направлений в пространстве передаётся путем сопоставления координат источников (в том числе радиозвезд), имеющих излучение как в оптическом, так и радиодиапазоне. Это непростая задача и часть докладов была посвящена тому, как это делается. Был также доклад по повышению точности обработки старых оптических измерений при использовании координат опорных звезд GAIA.

Тем не менее, если рассматривать перспективные задачи (например, определение параметров вращения Луны), то оптические телескопы, установленные на Луне, могли бы определять параметры вращения Луны (ПВЛ) с высокой точностью, сравнимой с РСДБ, используя результаты GAIA.

Дальнейшие перспективы в области развития были озвучены в докладе Дэвида Хоббса. Они связаны с наблюдением в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR GAIA), что позволит уточнить распределение пылевой материи в Галактике, изучить молодые звездные системы, уточнить кривые вращения. С точки зрения ICRF результаты миссии позволят построить реализацию ICRF в ближнем инфракрасном диапазоне, включающую около 8 миллиардов звезд, уточнить собственные движения и координаты уже имеющихся в каталоге GAIA звезд и определить координаты и собственные движения новых объектов.

Ориентировочная стоимость новой миссии (NIR GAIA) – 700 миллионов евро, ориентировочная дата запуска – 2035 год.

3. Доклады сессии 2

«Геодинамика и вращение Земли: наблюдения и их обработка»

Доклады этой сессии включали 10 устных и 12 стендовых докладов. Половина устных докладов была посвящена столетнему юбилею рабочей группы (WG) Международного астрономического союза (IAU) «Вращение Земли», что было интересно с исторической точки зрения.

Вторая половина устных докладов и часть стендовых была посвящена анализу остаточных расхождений теории и измерений ПВЗ и интерпретации их на основе тех или иных явлений, иногда достаточно неожиданных для этой области (например, геомагнитного поля). Также рассматривались крупные землетрясения, внутригодовые неприливные деформации и другие. Однако указанные явления связывались с наблюдениями, в основном, по совпадению спектральных деталей. Учitando, что спектр остаточных расхождений достаточно богат, то простое совпадение спектральных деталей вряд

ли можно считать неопровержимым доказательством связи наблюдаемых расхождений и предложенной интерпретации. Кроме того, большая часть рассмотренных эффектов проявляется на больших интервалах времени, что означает, что они интересны только с точки зрения научных расчетов, но не помогут улучшить результаты оперативной службы определения ПВЗ.

Еще одна часть докладов была о проведении измерений, их обработке и анализе в различных организациях, с использованием различных видов измерений и комбинированием. В том числе, сотрудники ФГУП «ВНИИФТРИ» представили два стендовых доклада о деятельности ГМЦ ГСВЧ в области определения и прогнозирования ПВЗ. ИПА РАН представил доклад о результатах прогнозирования ПВЗ в ЦОАД РАН.

Здесь наиболее интересными с точки зрения службы ПВЗ были стендовый доклад Центрального бюро МСВЗ о новом методе комбинирования навигационных и РСДБ измерений и устный доклад USNO о прогнозировании ПВЗ. Правда, следует заметить, что пока оперативную службу МСВЗ ведут методом комбинирования временных рядов. Комбинирование на основе SINEX файлов используется для апостериорных данных.

4. Доклады сессии 3

«Международная небесная координатная основа (ICRF) и астрогеодезия»

Доклады этой сессии включали 14 устных и 9 стендовых докладов. Их по тематике можно разбить на следующие части. Первая – предложение установить в качестве реализации первичного определения шкалы направлений в пространстве небесную координатную основу на базе определения координат внегалактических радиоисточников методом РСДБ в X/Ка диапазоне. В этом диапазоне излучающие части радиоисточников очень малы, что позволяет с более высокой точностью (в сравнении с S/X диапазоном) определить направления на них. Однако, есть и недостатки такого метода: наблюдения должны проводиться на больших телескопах (с диаметром более 30 метров) или антенных решетках (SKA). Имеющиеся инструменты не могут полностью охватить небесную сферу, в связи с чем предлагается построить антенную решетку (SKA) на юге Африке (ЮАР) стоимостью примерно 600 миллионов евро.

Следует отметить, что в системе VGOS [2] (ранее VLBI2010) предусматривалось две возможности дальнейшего повышения точности системы координат:

– привлечение измерений в X/Ка диапазоне, но с проблемой передачи достигнутой точности в более длинноволновые диапазоны, где и ведется

определение ПВЗ (в разных длинах волн максимум яркости занимает разные положения);

- определение положений излучающей области в широкой полосе от 3 до 15 ГГц, в которой будут работать новые широкополосные приемники. При определении ПВЗ направлением на источник будет считаться интегральное положение по частотному окну, в котором велись измерения.

На конференции вторая возможность не обсуждалась вообще (хотя для нее нужны фактически те же инструменты, но с приемниками в диапазоне от 3 до 15 ГГц).

Во второй части докладов рассматривались наблюдения активных ядер галактик (AGN) и радиозвезд, одновременные наблюдения которых в оптическом и радиодиапазоне позволяют передать шкалу направлений на внегалактические источники, определенную в радиодиапазоне, в оптический диапазон (GAIA) и, таким образом, осуществить вторичное определение направлений в пространстве в оптическом диапазоне.

Третья часть докладов была посвящена вкладу, который могут дать различные средства измерений в построение будущих систем координат, и вопросам локальных геодезических служб на пунктах, которые должны определять вектора привязки.

5. Доклады сессии 4

«Геодинамика и вращение Земли: модели»

Доклады этой сессии включали 10 устных и 10 стендовых докладов. В них обсуждались пути дальнейшего уточнения теорий прецессии/нута́ции и движения полюса, а также повышения на этой основе точности моделирования и прогнозирования координат небесного и земного полюсов. Основные направления развития этих теорий были рассмотрены в докладе Д. Феррандиша:

- учет членов второго порядка в уравнениях вращательного движения Земли;
- ликвидация несогласованности действующей теории нута́ции и теории прецессии, а также новой информации, полученной из измерений последних лет;

- построение моделей внутригодовых вариаций движения полюса (декадных, внутрисуточных и других);

- использование более точных моделей внутреннего строения Земли (с учетом нерадиальной неоднородности мантии, топографии границы ядро-мантия, более точного учета электромагнитных сил с учетом вариаций скоростей и давления в жидком ядре и т.д.);

- новые процедуры должны предусматривать максимально возможно наиболее простые пути

их изменения при дальнейшем уточнении стандартов МСВЗ.

В докладах рассматривались: влияние Эль-Ниньо (ENSO) на движение земного полюса, влияние геофизических флюидов на движение полюса, влияние гидродинамических волн в жидком ядре Земли, влияние гидрологической составляющей (в одном докладе даже по космическим гравитационным измерениям), влияние использования новой модели изменения второй зональной гармоники гравитационного потенциала, проскальзывания земной коры по астеносфере, влияние солнечной активности и другие.

6. Доклады сессии 5

«Космическая навигация и динамика Солнечной системы»

Доклады этой сессии включали 11 устных и 7 стендовых докладов. Эти доклады были посвящены новым моделям высокоточных эфемерид тел Солнечной системы (INPOP19a, EPN2019) и их приложениям (например, оценке скорости изменения гравитационной постоянной). Также были доклады по моделям внутреннего строения Луны, Марса и его спутников, а также их характеристик (например, параметров гравитационного поля, деформаций твердой Луны). Также были доклады о проверке и учете эффектов общей теории относительности в динамике планет и их спутников.

Заключение.

Международная научная конференция Международной службы вращения Земли и опорных систем (МСВЗ) «Астрометрия, вращение Земли и опорные системы в эпоху Гайи» явилась значимым научным событием в области астрометрии, геодезии, геодинамики и вращения Земли. Участие в таких конференциях международного уровня полезно для обмена результатами и опытом научных сотрудников, работающих в этих областях.

Литература:

1. Journees 2019, <https://syrtel.obspm.fr/astro/journees2019/>, электронный ресурс, дата обращения 17.10.19.
2. B. Petrachenko, A. Niell, D. Behrend, B. Corey, J. Böhm, P. Charlot, A. Collioud, J. Gipson, R. Haas, T. Hobiger, Y. Koyama, D. MacMillan, T. Nilsson, A. Pany, G. Tuccari, A. Whitney, J. Wresnik: Design Aspects of the VLBI2010 System. Progress Report of the VLBI2010 Committee. NASA Technical Memorandum, NASA/TM-2009-214180, 58 pp., June 2009, <https://ivsc.gsfc.nasa.gov/technology/vgos-docs/TM-2009-214180.pdf>, электронный ресурс, дата обращения 17.10.19.

VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ • НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ • ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА • 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 оборудования, сервисные компании, учебные и квалификационные центры, испытательные лаборатории, специализированные издания, профессиональные объединения, вузы.

В рамках экспозиции форума 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.

В рамках **деловой программы** форума рассматриваются вопросы практического применения контроля и диа-

гностики в авиакосмической, нефтегазовой, энергетической, металлургической отраслях, на железнодорожном транспорте, в машиностроении и металлургии, строительстве, сварочном производстве, а также тенденции в области стандартизации, сертификации и обучения.

Профессиональный состав посетителей - руководители предприятий, начальники испытательных, исследовательских лабораторий и лабораторий неразрушающего контроля, специалисты отделов технического контроля, эксперты в области промышленной безопасности.

XXII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НК И ТД

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

Конференция является местом обмена знаниями Российских и зарубежных ученых и специалистов, интересы которых лежат в области неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга состояния. На пленарных заседаниях и секциях конференции выступит ряд приглашенных лекторов, которые расскажут о достижениях и проблемах контроля в аэрокосмической, энергетической и добывающих

отраслях, машино- и судостроении, о вызовах четвертой промышленной революции, о задачах стандартизации и метрологии, сохранении культурного наследия, а также об общих вопросах обеспечения безопасности в изменяющемся мире.

Пленарные доклады Конференции:

- ◆ Современные инновационные технологии неразрушающего анализа объектов изобразительного искусства и культурно-исторического наследия. - Р.Г. Маев, профессор, Institute for diagnostic imaging research (Канада), директор.

- ◆ Перспективы и вызовы Четвертой промышленной революции для приборостроения и метрологии в области неразрушающего контроля и технической диагностики. - С.С. Голубев, к.т.н., Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, заместитель руководителя.

- ◆ Искусственный интеллект на службе НК и ТД. Будущее или реальность?

- ◆ Задачи НК и ТД в период цифровой трансформации экономики России.

ФОТОНИКА. МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ 2020 15-я Международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники (31.03 - 03.04.2020).

Тематика:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ◆ Лазерные источники излучения и комплектующие ◆ Оптические материалы, технологии их обработки ◆ Оптические элементы, узлы и системы ◆ Оптоволоконная техника ◆ Лазерное оборудование для резки, сварки, маркировки и других технологий обработки материалов ◆ Лазерно-оптическая контрольно-измерительная аппаратура ◆ Оборудование технического зрения, сенсоры, детекторы ◆ Приборы ночного видения, оптические и лазерные прицелы ◆ Оптоэлектроника, нанопотоника ◆ Оптические системы регистрации, хранения, обработки и передачи информации | <ul style="list-style-type: none"> ◆ Биомедицинское оборудование на основе фотонных технологий ◆ Лазерная медицина ◆ Фотоэлектроника, солнечная энергетика ◆ Дисплеи, оборудование для световых шоу ◆ Светодиоды, светотехника, системы подсветки и освещения ◆ Голографическое оборудование и материалы ◆ Лазерные технологии в рекламе, производстве сувениров ◆ Лазерно-оптическая аппаратура для обеспечения безопасности ◆ Аппаратура и оборудование для научных исследований ◆ Сервис лазерно-оптической аппаратуры ◆ Инновационные центры, центры трансфера технологий. |
|--|---|

ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2019 году

ФИО / Название статьи	номер	страница
Радиоэлектронные измерения		
Иванов Е.Л., д.т.н., Калинин А.А., Клеопин А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Оценка погрешности измерений девиации частоты с помощью анализатора спектра.	1	23
Акустические измерения		
Еняков А.М., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ» Мониторинг шумового загрязнения морской среды: задачи, результаты, перспективы.	1	9
Измерения времени и частоты		
Донченко С.И., д.т.н., Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ», Харисов В.Н., д.т.н., Пельтин А.В., Павлов В.С., ОАО «ВНИИР-Прогресс», Карутин С.Н., к.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана Технология мониторинга сигналов КА ГНСС с использованием метода временного накопления.	4	4
Измерения ионизирующих излучений		
Алейкин В.В., Бирюков С.Г., Коваленко О.И., к.т.н., Орлов А.А., ФГУП «ВНИИФТРИ» Государственный первичный эталон единицы объемной активности радиоактивных аэрозолей ГЭТ 39 2014.	2	8
Берлянд А.В., к.т.н., Берлянд В.А., к.т.н., Панасенко Р.А., ФГУП «ВНИИФТРИ», Успенский А.П., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны Развитие эталона поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения.	4	22
Измерения физико-химических свойств и состава веществ		
Добровольский В.И., к.т.н., Оганян Н.Г., к.х.н., ФГУП «ВНИИФТРИ» Состояние и актуальные проблемы в сфере физико-химических измерений в России.	1	26
Лесников Е.В., к.ф.-м.н., ФГУП «ВНИИФТРИ» Корректировка решений уравнений измерения анализаторов электрической подвижности и диффузионных спектрометров.	3	20
Измерения геометрических величин		
Корсун О.Н., д.т.н., ФГУП «ГосНИИАС», Мотлич П.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны Оценка погрешностей бортовых измерений на основе уравнений движения самолета.	1	5
Васильев Р.М., Серко С.Г., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Оценка метрологических характеристик геодезической навигационной аппаратуры потребителей с применением имитатора сигналов глобальных навигационных спутниковых систем.	2	3
Афанасьев В.А., Монахова В.П., Московский авиационный институт (национальный технический университет), Мухин А.Н., «ОКБ им. А.М. Люльки», Заранкевич А.А., АО «ОКБ «Кристалл», Назырова О.Р., Версин А.А., Московский авиационный институт (национальный технический университет) Разработка системы позиционирования для обеспечения точности угловых и линейных перемещений.	3	5
Мурзабеков М.М., ФГУП «ВНИИФТРИ» Исследование алгоритма астрономо-геодезического метода определения уклонений нормали.	3	10
Общие вопросы метрологии		
Быканов В.В., к.т.н., Клеопин А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Булгаков О.Ю., к.в.н., Подъяпольский Б.С., ФГУП «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов», Булгаков В.О., ООО «ВИАНТЕК» Состояние и направления совершенствования метрологического обеспечения ЭКБ в процессе разработки, испытаний и производства.	1	15
Храпов Ф.И., д.т.н., Алехин С.В., ФГУП «ВНИИФТРИ» Метрология цифровой экономики: проблемные вопросы и деятельность ФГУП «ВНИИФТРИ» по обеспечению единства измерений.	1	19
Щеглов Д.М., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Применение риск-ориентированного подхода к оценке влияния погрешности измерений параметров объекта на эффективность его испытаний.	2	15
Гончаров А.П., Управление метрологии Вооруженных Сил Российской Федерации, Ковалевский С.Г., к.т.н., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Кондратенко А.Г., Метрологическая служба Вооруженных Сил Российской Федерации Методика выбора управленческого решения в ходе мониторинга состояния метрологического обеспечения предприятия.	2	20
Кривов А.С., д.т.н., профессор, АО «НПФ «Диполь», Остапенко С.Н., д.т.н., АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», Гурьянов В.П., к.т.н., АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей». Системная методология метрологического мониторинга в интегрированной производственной структуре.	3	14
Еремин Е.В., к.т.н., Денисенко О.В., д.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ» О систематической погрешности измерения средней скорости.	4	12
Волчков А.А., Исаев Ю.А., Леонова К.С., Фуфаева О.В., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Хайруллин Р.З., д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет Метод построения оценок точности измерений на основе использования апостериорной информации.	4	18
Измерения механических величин		
Научно-технические обзоры материалов конференций, симпозиумов		

Выилов В.А., д.т.н., профессор, Надеин В.В., к.п.н., доцент, Плотников А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Вопросы развития и совершенствования технологических процессов в области лазерной, оптической и оптоэлектронной техники ведущих предприятий России (по итогам 14-й Международной специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники (4–7 марта).	1	29
Иванов Е.Л., д.т.н., Черняев К.С., к.т.н., Надеина О.В., к.п.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Перспективы развития в сфере неразрушающего контроля и технической диагностики (по материалам VI Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика»).	1	32
Оптические и оптико-физические измерения. Измерения механических величин Швыдун В.В., д.т.н., Надеин В.В., к.п.н., доцент, Шарганов К.А., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Решение актуальных проблем метрологического обеспечения войск (сил) и обеспечения единства измерений и перспективы развития системы метрологического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации (44-я Научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов военных метрологов 18 апреля 2019 г.).	2	25
Измерения электрических величин Васильев И.О., д.т.н., Госкорпорация «Росатом», Надеин В.В., к.п.н., доцент, ФГБУ «ГНМЦ», Надеина О.В., к.п.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Овчарова Е.Ю., ФГУП «ВНИИФТРИ» Перспективы развития и возрастающая роль метрологии в современном мире. (15-й Московский Международный инновационный форум и выставка «Точные измерения – основа качества и безопасности»).	2	29
Оптические и оптико-физические измерения. Измерения времени и частоты. Плотников А.В., к.т.н., Черняев К.С., к.т.н., Щеглов Д.М., Надеина О.В., к.п.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Инновации, перспективы развития в области вооружения и военной техники и возрастающая роль метрологии в современном мире, системы метрологического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации (5-й Международный военно-технический форум «Армия-2019»).	3	21
Измерения акустических величин Исаев А.Е., д.т.н., Матвеев А.Н., к.т.н., ФГУП «ВНИИФТРИ» Перспективы развития и представление последних достижений исследований по основным направлениям подводной акустики (5-я Международная конференция- выставка по подводной акустике (UACE2019) (30.06-05.07.2019 г.).	3	33
Походун А.И., д.т.н., ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Храменков В.Н., д.т.н., профессор, Бойко И.Г., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Перспективы перехода на новые принципы и деятельность технического комитета КОOMET ТК 1.10 (температура, теплофизика). ТК КОOMET (1-3 октября).	4	31
Мазуркевич А.В., Соколов Д.А., ФГУП «ВНИИФТРИ», Тимофеев Е.Ю., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России 19-й Международный метрологический Конгресс СИМ 2019 (24-26 сентября).	4	28
Новинки измерительной техники		
Осциллографы цифровые запоминающие Серий С8-203 и С8-205	1,3	39,2
Осциллографы цифровые запоминающие	2,3	39,
Измерительная антенная система П6-222М с двумя режимами работы – акт/пас.	3	39
Пассивные измерительные комбинированные антенны магнитного и электрического поля П6-319, П6-319М	3	39
Ультраширокополосная малогабаритная логопериодическая антенна П6-151	3	39
Ультраширокополосная малогабаритная логопериодическая антенна П6-251	3	39
Малошумящие усилители	4	39
Широкополосная измерительная рупорная антенна П6-421	4	39
Ультраширокополосная измерительная рупорная антенна П6-223М	4	39
Информация		
Выставки, конференции, форумы во II квартале 2019 года	1	35,36,37
Выставки, конференции, форумы в III квартале 2019 года	2	35,36
Выставки, конференции, форумы в IV квартале 2019 года	3	37
Выставки в I квартале 2020 года	4	38
Информация для авторов рукописей, предлагаемых к публикации в журнале «Вестник метролога»	1,2,3	38,38,38
Перечень статей и материалов, опубликованных в 2019 году	4	39
Информация для подписчиков и читателей журнала	1,2,3, 4	40,40,40, 3