



*Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).*

*Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-54009 от 30 апреля 2013 г.*

*Рецензируемое научное издание*

**Главный редактор** С.И. Донченко, д.т.н., профессор

**Редакционная коллегия:**

**Зам. гл. редактора** А.Н. Щипунов, д.т.н.

**Зам. гл. редактора** М.В. Балаханов, к.ф.-м.н.

В.М. Боровков, д.т.н.  
О.В. Денисенко, д.т.н.  
В.И. Добровольский, к.т.н.  
А.С. Дойников, д.т.н.  
Ю.С. Домнин, д.т.н.  
А.Е. Исаев, д.т.н.  
О.И. Коваленко, к.т.н.  
М.М. Мазур, д.т.н.  
И.М. Малай, д.т.н.  
В.Н. Некрасов, д.т.н.  
В.Г. Пальчиков, д.ф.-м.н.  
Б.А. Тищенко, к.ф.-м.н.  
Б.Ф. Фатеев, д.т.н., профессор  
Ф.И. Храпов, д.т.н.  
В.В. Швыдун, д.т.н.

**Редакционная группа:**

О.И. Обухова  
Н.А. Степанова  
Д.В. Кофнова  
М.Е. Якобсон  
Г.А. Мирошникова



*The publication is registered by the Federal Service for Supervision of Communications,  
information technology and mass communications (Roskomnadzor).  
Certificate of registration of PI No. FS77-54009 dated April 30, 2013  
Peer-reviewed scientific publication*

**Chief Editor** S.I. Donchenko, Doctor of Technical Science, Professor

**Editorial board:**

**Deputy Chief Editor** A.N. Shchipunov, Doctor of Technical Sciences

**Deputy Chief Editor** M.V. Balakhanov, Candidate of Physical and  
Mathematical Sciences

V.M. Borovkov, Doctor of Technical Sciences

O.V. Denisenko, Doctor of Technical Sciences

V.I. Dobrovolsky, Candidate of Technical Sciences

A.S. Doinikov, Doctor of Technical Sciences

Yu.S. Dominin, Doctor of Technical Sciences

A.E. Isaev, Doctor of Technical Sciences

O.I. Kovalenko, Candidate of Technical Sciences

M.M. Mazur, Doctor of Technical Sciences

I.M. Malay, Doctor of Technical Sciences

V.N. Nekrasov, Doctor of Technical Sciences

V.G. Palchikov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

V.A. Tishchenko, Candidate of Physical and  
Mathematical Sciences

V.F. Fateev Doctor of Technical Science, Professor

F.I. Khrapov, Doctor of Technical Sciences

V.V. Shvydun, Doctor of Technical Sciences

**Editorial staff:**

O.I. Obukhova

N.A. Stepanova

D.V. Kofnova

M.E. Jacobson

G.A. Miroshnikova



Точная наука немыслима без меры.

Д.И. Менделеев

**Альманах современной метрологии, 2022, № 4 (32)**

Almanac of modern metrology, 2022, № 4 (32)

Выходит с октября 2014 г.

Issued since October 2014.

*Решением ВАК с июля 2019 г. включён в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук».*

ISSN 2313-8068

Очередной номер «Альманаха современной метрологии» — № 4 (32) 2022 — включает статьи, освещающие вопросы создания и совершенствования стандартов частоты, проведения гравитационных и гидроакустических измерений.

Интерес специалистов должны вызвать статьи о направлении исследований в части измерений времени и частоты и из раздела «Приборы навигации».

Большое практическое значение представляют статьи, посвящённые метрологическому обеспечению дефектоскопии бетона, математическому моделированию в различных отраслях метрологии и анализу качественных характеристик материалов, в том числе с использованием автоматизированных систем.

Традиционная рубрика «Основоположники метрологических измерений» представлена тремя ветеранами, внёсшими большой вклад в развитие важных направлений метрологии.

The current number of the Almanac of Modern Metrology — No. 4 (32) 2022 — includes articles covering the development and improvement of frequency standards, gravitational and hydroacoustic measurements.

The interest of specialists should be caused by articles on the direction of research in terms of time and frequency measurements and from the section “Navigation devices”.

Articles devoted to the metrological support of concrete flaw detection, mathematical modeling in various branches of metrology and the analysis of the qualitative characteristics of materials, including the use of automated systems, are of great practical importance.

The traditional column “Founders of metrological measurements” is presented by three veterans who have made a great contribution to the development of important areas of metrology.



© ФГУП «ВНИИФТРИ», 2022  
© FSUE “VNIIFTRI”, 2022



**СОДЕРЖАНИЕ****I. Приборы и методы измерений (измерения времени и частоты)**

**Сысоев В.П., Самохвалов Ю.С., Васильев В.И., Нагирный В.П.,  
Нестеров Н.И., Парёхин Д.А., Овчинников С.Н.**

Малогабаритный активный водородный стандарт частоты

8

**Павлов В.И., Балакирева И.В., Бражников М.К.,  
Хатырев Н.П.** Стабилизация частоты диодных лазеров  
с помощью микрорезонаторов из tantalата лития  
для системы лазерного охлаждения рубидиевого фонтана

18

**II. Приборы навигации**

**Фатеев В.Ф.** Космический квантовый нивелир  
и его возможности при создании глобальной высотной основы

27

**Бурцев С.Ю., Печерица Д.С.** Оценка задержки сигнала  
в тракте АЦП измерительного устройства

52

**III. Методы и приборы контроля и диагностики материалов,  
изделий, веществ и природной среды**

**Пивоваров В.А.**

Метрологическое обеспечение дефектоскопии бетона

59

**Степашкина А.С., Гущина Е.А.** Метод определения показателей  
прочности и упругости полимерных композиционных материалов

68

**Степашкина А.С., Епифанцев К.В., Смирнова В.О.,  
Чупринова О.В., Золотухин К.В.** Дистанционный контроль  
качества сварных соединений плёнок методом измерений  
дефектов системой искусственного интеллекта

75

**IV. Метрология и метрологическое обеспечение**

**Ханзадян М.А.** Исследование метрологических характеристик  
Государственного первичного эталона координат местоположения  
в части измерений астрономического азимута

89

**Искендерзаде Э.Б., Велиев Г.С.**

Контроль правдоподобия результата метрологической оценки  
инструментальной погрешности измерителей единой серии

104

*Альманах современной метрологии, 2022, № 4 (32)*

**V. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии**

**Донченко С.С., Лавров Е.А., Соколов Д.А.**

Результаты разработки макета межспутникового интерферометра  
для космической гравитационно-волновой антенны “SOIGA” 110

**Филиппов Д.А., Завгородний А.С.**

Разработка упрощённой математической модели диаграммы  
направленности двухзеркальной антенной системы 121

**Бакулин А.А., Завгородний А.С.** Анализ характеристик

высокочастотного тракта с параллельным соединением звеньев 128

**Завгородний А.С., Каспин В.Ю.** Исследование влияния качества

согласования нагрузки на групповое время запаздывания в линии 134

**VI. Акустические измерения**

**Исаев А.Е., Поликарпов А.М., Хатамтаев Б.И.**

Подходы к амплитудно-фазовой калибровке  
гидрофона методом взаимности 140

**Исаев А.Е., И Чен, Матвеев А.Н., Гуанхуэй Цзя,**

**Хатамтаев Б.И., Шигуан Ванг, Щерблюк Н.Г.**

КООМЕТ 786/RU-a/19: результаты пилотных сличений  
амплитудно-фазовых калибровок гидрофонов по полю  
в диапазоне частот от 10 до 500 кГц 151

**VII. Основоположники метрологических направлений**

Александр Маркович Трохан 169

Надежда Дмитриевна Жесткова 171

Анатолий Григорьевич Жестков 172

**CONTENTS****I. Devices and measurement methods (time and frequency measurements)**

- Sysoev V.P., Samokhvalov Yu.S., Vasiliev V.I., Nagirny V.P., Nesterov N.I., Paryokhin D.A., Ovchinnikov S.N.**  
Compact active hydrogen frequency standard 8

- Pavlov V.I., Balakireva I.V., Brazhnikov M.K., Khatyrev N.P.**  
Frequency stabilization of diode lasers using lithium tantalate microresonators for laser cooling systems of a rubidium fountain 18

**II. Navigation devices**

- Fateev V.F.** Space quantum level and its capabilities in developing a global high-altitude basis 27

- Burtsev S.Y., Pecheritsa D.S.** Signal delay estimation of the measuring device ADC path 52

**III. Methods and devices for monitoring and diagnosing materials, products, substances and the natural environment**

- Pivovarov V.A.** Metrological support of concrete defectoscopy 59

- Stepashkina A.S., Gushchina E.A.** Method for determining the strength and elasticity of polymer composite materials 68

- Stepashkina A.S., Epifantsev K.V., Smirnova V.O., Chuprinova O.V., Zolotukhin K.V.** Remote quality control of welded joints of films by measuring defects by artificial intelligence system 75

**IV. Metrology and metrological support**

- Khanzadyan M.A.** Study of metrological characteristics of the State primary standard of location coordinates in part of measurements of astronomical azimuth 89

- Iskenderzade E.B., Veliev H.S.** Verification of the likelihood of the result of metrological assessment of the instrumental error of meters of a single series 104

## V. Antennas, microwave devices and their technologies

**Donchenko S.S., Lavrov E.A., Sokolov D.A.**

Results of the development of the inter-satellite interferometer  
setup for “The SOIGA” space gravitational-wave antenna 110

**Philippov D.A., Zavgorodniy A.S.**

Development of a simplified mathematical model  
of a dual-reflector antenna radiation pattern 121

**Bakulin A.A., Zavgorodniy A.S.** Characteristics analysis

of the high-frequency channel with parallel connection of units 128

**Zavgorodniy A.S., Kaspin V.Y.**

Investigation of the influence of the quality  
of load matching on the group delay time in the line 134

## VI. Acoustic measurements

**Isaev A.E., Polikarpov A.M., Khatamtaev B.I.**

Approaches to the amplitude-phase calibration  
of a hydrophone by the reciprocity method 140

**Isaev A.E., Yi Ghen, Matveev A.N., Guanghui Jia,**

**Khatamtaev B.I., Shiquan Wang, Shcherblyuk N.G.**

COOMET 786/RU-a/19: results of pilot comparisons  
of hydrophones amplitude-phase free-field calibrations  
in the frequency range from 10 to 500 kHz 151

## VII. The founders of metrological directions

Trokhann Alexander Markovich 169

Zhestkova Nadezhda Dmitrievna 171

Zhestkov Anatoly Grigorievich 172