

**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:**

**Адрес редакции:** 141006, г. Мытищи  
Московской обл., Олимпийский проспект, владение 12, строение 1, оф. 404  
Адрес для переписки, размещения рекламы и приобретения журнала «Вестник метролога»:  
п/о Менделеево, Солнечногорский р-н, Московская область, 141570  
Тел./факс  
(495) 586-23-88; (495) 580-35-66.  
E-mail: 32gniii\_vm@mail.ru; vm@vniiftri.ru

Отпечатано ООО «Принт»  
Юридический адрес:  
426035, Россия, г. Ижевск,  
Тимирязева ул, д. 5.  
Тел. (3412) 56-95-53

Сдано в набор 20.02.2022  
Подписано в печать 25.02.2022  
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**

**ФГУП «ВНИИФТРИ» – 67 лет . . . . . 3**

**Измерения геометрических величин**  
*Козаченков С.А., Соколов Д.А., ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., Россия*  
Метод лабораторных испытаний фазовых светодальномеров . . . . . 4

**Радиотехнические измерения**  
*Голик А.М., д.т.н., Толстуха Ю.Е., к.в.н., Санкт-Петербургский военный институт войск национальной гвардии, Дворников С.В., д.т.н., Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, ФГАОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Клейменов Ю.А., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Суслин А.В., к.т.н., ФГАОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»*  
Измерение временных параметров сигналов в условиях высокой интенсивности шумов . . . . . 9

**Общие вопросы метрологии**  
*Тарасов Д.Ю., к.т.н., МГТУ им. Баумана Храменков А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России*  
Применение статистических методов контроля качества технологического процесса предприятия при выпуске массовой продукции . . . . . 13

**Общие вопросы метрологии**  
*А.А. Яцко ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России*  
Оценка эффективности алгоритма сглаживания данных в решении задачи повышения точности метода совместных измерений . . . . . 17

**Измерения времени и частоты**  
*Беляев А.А., к.т.н., Воронцов В.Г., Демидов Н.А., д.т.н., Поляков В.А., Тимофеев Ю.В., к.т.н., ЗАО «Время-Ч»*  
Методы оценки эффективности формирования пучка атомов в одном квантовом состоянии водородного стандарта частоты с двойной сортировкой атомов водорода . . . . . 21

**Радиоэлектронные измерения**  
*Воронцов А.П., ФГУП НИИР, Кизима С.В., д.т.н., эксперт МСЭ, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Сарьян В.К., д.т.н., академик РАН РА, ФГУП НИИР*  
Технические возможности повышения полноты контроля излучений космических аппаратов за счет расширения частотного диапазона станций спутникового радиоконтроля . . . . . 29

**Выставки, конференции во II квартале 2022 года:**  
47 научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов военных метрологов «Актуальные задачи военной метрологии» (21.04.2022) . . . . . 36  
Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2022 (29.03–01.04.) ЦВК «Экспоцентр» . . . . . 36  
Analitika Expo 2022 (19.04–22.04.) МВЦ КрокусЭкспо . . . . . 37

**Информация**  
К сведению авторов

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

The magazine «Vestnik Metrologa» scientific and technical information in the field of natural sciences and engineering and covers modern problems related to metrology and metrological assurance.

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

Address: 141570, Moscow region, Solnechnogorsk district, Township Mendeleev

**The Editorial advice:**

I.Y. Blinov, doctor of the technical sciences.  
V.A. Vyshlov, doctor of the technical sciences, professor.

S.S. Golubev, candidate of the technical sciences.

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

Y.A. Kleymenov, doctor of the technical sciences.

D.A. Kuznetsov.

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

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

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

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

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

**Editor-in-chief**

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

**Deputy main of the editor**

O.V. Nadeina, candidate of the pedagogical sciences

**Address to editings:** 141006, Mytishchi Moscow region, Olympic avenue, possession 12, construction 1, of. 404

**Address:** 141570, Moscow region, Solnechnogorsk district, Township Mendeleev

telephone/fax (495) 586-01-00;

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

E-mail:32gniii\_vm@mail.ru; vm@vniiftri.ru

It is Printed by OOO «Print»

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

telephone (3412) 56-95-53

The Circulation  
300 copies

**CONTENTS**

**FSUE VNIIFTRI – 67 year** . . . . . 3

**Measurements of geometric values**  
*Kozachenkov S.A., Sokolov D.A., FSUE «VNIIFTRI»*  
Laboratory test method for phase light gauge . . . . . 4

**Measurements of radio engineering quantities**  
*Golik A.M., d.t.s., Tolstucha YU.E., c.m.s., SANKT-PETERSBURG military institute of the troops to national guard, Dvornikov C.V., d.t.s., SANKT-PETERSBURG the military academy relationship name of the Marshal of the SOVIET UNION S.M. Budenyi, Kleymenov YU.A., d.t.s., FSBI «MSMC» of Russia Ministry of Defence (Mytishchi, Moscow Region), Suslin A.V., c.t.s., FGAOUVO «SANKT-PETERSBURG state university aerospace instrument engineering»*  
Measurement temporary parameter signal in condition of the high intensity noise . . . . . 9

**Common questions of a metrology**  
*Tarasov D.YU., c.t.s., MGTU im. Baumana, Khramenkov A.V., c.t.s., FSBI «MSMC» of Russia Ministry of Defence (Mytishchi, Moscow Region)*  
Using the statistical methods of the checking quality technological process of the enterprise at issue of the mass product . . . . . 13

**Common questions of a metrology**  
*Yatsko A.A., FSBI «46 Central research institute» Ministry of defense of the Russian Federation*  
Evaluating the effectiveness of the data smoothing algorithm in solving the problem of improving the accuracy of the measurements in a closed series . . . . . 17

**Measurements of time and frequencies**  
*Belyaev A.A., Voroncov V.G., Demidov N.A., Polyakov V.A., Timofeev YU.V., ZAO «Time-CH»*  
Methods of single-state selection performance estimation of active hydrogen maser . . . . . 21

**Measurements of radio engineering quantities**  
*A.Vorontsov, FSUE NIIR, S.Kizima, ITU expert, FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia, Dr.Sci.(Tech), V.Saryan, Dr.Sci.(Tech), Academician of NAS RA, FSU*  
Technical possibilities of increasing the completeness of monitoring of spacecraft and expanding the frequency range of satellite radio monitoring stations . . . . . 29

**Exhibitions, conferences in ii quarters 2022**  
47 technical conference young scientist KVC «Patriot», Kubinka, Moscow reg. (21.04.2022) . . . . . 36  
«Photonics. Word of lasers and optics-2022» (Mart, 29–1 April) . . . . . 36  
Analitika Expo 2022 (April, 19–22) . . . . . 37

**Information**  
Note authors



Измерение — явля для воображения и опора для сознания; оно исключает сомнения из области познания.

Полемик и эссеистический, сатирик Николай М.В. Васильев



18 февраля 1955 года на базе Центрального НИИ физико-технических измерений, Центрального научно-исследовательского бюро единой службы времени и Центрального НИИ радиоизмерений был создан Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений. В 2022 году ВНИИФТРИ исполняется 67 лет. Сегодня в институте ведутся работы в области радиоизмерений, метрологического обеспечения время-частотных, координатно-временных и навигационных систем, физико-химических и электрических измерений и др.



**НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ:  
ВНИИФТРИ ИСПОЛНЯЕТСЯ 67 ЛЕТ**

## УНИКАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ, ПРОРЫВНЫЕ РЕШЕНИЯ, НОВЫЕ МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ – ВСЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ СТАНУТ ОСНОВОЙ БУДУЩИХ ДОСТИЖЕНИЙ.

Опережающее развитие эталонной базы института отвечает не только существующим, но и перспективным требованиям к обеспечению единства измерений.

В 2021 году ученые Главного метрологического центра Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГМЦ ГСВЧ) завершили работы по модернизации Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ-1. Введение в состав эталона разработанного специалистами оптического стандарта частоты на холодных атомах стронция позволило достичь показателя точности воспроизведения единицы частоты на уровне  $10^{-18}$ . Этот результат является одним из лучших показателей среди ведущих лабораторий времени в мире.

фиксированные значения фундаментальных физических констант). Впервые в России в состав эталона были введены установки акустической газовой термометрии, воспроизводящие единицу температуры с точностью ведущих метрологических лабораторий мира.

Выдающихся результатов достигли ученые в сфере радиотехнических, физико-химических и электрических измерений, ионизирующих измерений, акустооптических измерений, лазерной оптоэлектроники и др. Ведутся активные работы по обеспечению импортонезависимости в области высокоточного приборостроения.



В интересах совершенствования системы метрологического обеспечения радиотехнических измерений специалистами ВНИИФТРИ был разработан и изготовлен автоматизированный комплекс для высокоточных измерений радиотехнических характеристик антенных устройств и систем в диапазоне частот от 1 до 50 ГГц. Уникальный испытательный комплекс не имеет полнофункциональных зарубежных аналогов, и позволяет обеспечить выполнение исследовательских и испытательных работ с наивысшими в Российской Федерации показателями точности в рамках создания перспективных электронных систем.

В прошедшем году ученые института завершили цикл исследований по совершенствованию Государственного первичного эталона единицы температуры — кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16К в соответствии с новым определением единиц измерений (через

Отмечая 67-ю годовщину со дня своего основания, ВНИИФТРИ продолжает эффективную работу по модернизации и расширению эталонной базы России. Достигновения ученых института способствуют сохранению метрологического суверенитета России и поддержанию научного и технологического потенциала отечественной метрологии на мировом уровне.

## МЕТОД ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ФАЗОВЫХ СВЕТОДАЛЬНОМЕРОВ LABORATORY TEST METHOD FOR PHASE LIGHT GAUGE

Козаченков С.А., Соколов Д.А., ФГУП «ВНИИФТРИ»,  
Kozachenkov S.A., Sokolov D.A., FSUE «VNIIFTRI»  
тел.: +7(495)-526-63-84 доб. 94-36; +7(495)-526-63-84 доб. 26-25  
E-mail: ksa@vniiftri.ru; sokolov@vniiftri.ru

**Аннотация:** Рассматриваются две составляющие погрешности измерения абсолютной длины при испытаниях приборов: погрешность измерения длины в зависимости от расстояния до отражателя и погрешность нуля-пункта. Определение погрешности измерения длины осуществляется с использованием интерферометра, основанного на счете интерференционных импульсов. Данный способ имеет преимущества в точности по сравнению с испытательным полем (совокупность мер длины) в силу высокой разрешающей способности, низкой инструментальной погрешности и непрерывности измерений. А перспективный метод определения погрешности нуля-пункта показал высокие точностные характеристики (бюджет погрешности не превышает 0,15 мм) и простоту реализации, что позволяет применять его при проведении испытаний рассматриваемых лазерных средств измерения длины.

**Annotation:** Two components of the instrument testing error are considered: the length measurement error and the zero-point error. The determination of the length measurement error is carried out using an interferometer based on counting interference pulses. This method has advantages in accuracy compared to the test field due to high resolution, low instrumental error and measurement continuity. And the promising method for determining the zero-point error showed high accuracy characteristics (the error budget does not exceed 0.15 mm), and the simplicity of the design, which makes it possible to use it when testing the considered laser length measuring instruments.

**Ключевые слова:** погрешность нуля-пункта, погрешность измерения длины, фазовый дальномер.

**Keywords:** zero point error, length measurement error, phase rangefinder.

### Введение

В настоящее время в производственных процессах различных сфер промышленности, научной и космической деятельности получили широкое применение лазерные средства измерения длины (ЛСИД), к которым относятся дальномеры лазерные ручные, тахеометры электронные и т.п.). Перечисленным ЛСИД необходима своевременная поверка (калибровка), проводимая с целью подтверждения или определения с заданной точностью заложенных при изготовлении метрологических характеристик прибора.

В этой статье рассмотрены некоторые вопросы при испытаниях тахеометров электронных (далее по тексту тахеометры), а именно их дальномерной части, использующей при измерении длины фазовый метод (рисунок 1), который является распространенным в геодезической дальнометрии. Он основан на том, что фаза гармонического колебания – есть линейная функция времени, и, следовательно, изменение фазы за некоторый промежуток времени будет линейной функцией расстояния, пройденного за это время гармоническим колебанием.



Рисунок 1 – Схема фазового метода  
1 – источник; 2 – отражатель; 3 – приёмник;  
4 – фазометр

Фазометр измеряет разность фаз излучаемых и принимаемых колебаний, зная скорость распространения колебаний  $c$ , частоту  $f$  и сдвиг фаз  $\varphi$ ,  $N$  – целое число, получим:

$$D = \frac{c}{2f} \left( N + \frac{\varphi}{2\pi} \right) \quad (1)$$

Эта формула (1) – есть основное уравнение фазовой дальнометрии [1]. Как видно из представленного соотношения, для расчёта измеренной длины  $D$  [2] необходимо знать скорость света в среде распространения, частоту излучения и сдвиг фаз. Далее необходимым условием корректной работы прибора является физическое совпадение точки установки прибора, его посадочного места (нуль-

Таблица 3 – Результаты калибровки

| № п/п | Прибор    | Измеренная длина, мм | $\Delta$ , мм | Измеренная длина, мм | $\Delta$ , мм |
|-------|-----------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|
| 1     | ИЛЭТ      | 3749,11              | 0             | 3749,77              | 0             |
| 2     | ТМ50      | 3749,55              | 0,44          | 3749,55              | -0,22         |
| 3     | ТСА2003_8 | 3748,35              | -0,76         | 3748,97              | -0,8          |
| 4     | ТСА2003_5 | -                    | -             | 3748,99              | -0,78         |
| 5     | АТ401     | 3749,027             | -0,08         | 3749,67              | -0,01         |

Схема установки для определения поправки нуль-пункта ( $D_0$ ) представлена на рисунке 5. На измерительном базисе [8] устанавливаются два СПМ 5 и 6 с размещенными в них высокоточными марками. Измерительная каретка 4 наводится микроскопом поочередно на марку СПМ-1 и СПМ-2. Одновременно ИЛЭТ 7 отсчитывает совершенное перемещение от одного СПМ к другому. Таким образом измеряется расстояние между двумя СПМ.

Калибруемый тахеометр устанавливается в СПМ-1, а его отражатель в СПМ-2, в такой конфигурации производится измерение расстояния тахеометром, полученное значение сравнивается с ранее измеренным при помощи ИЛЭТ 7. Результаты опробования предложенного способа представлены в таблице 3. Для подтверждения полученных данных и контроля измеряемой длины в эксперименте участвовал откалиброванный лазерный трекер Leica AT401, полученные результаты представлены в таблице 3.

После определения  $D_0$ , которая учитывается в ходе проведения процедуры поверки (калибровки) ЛСИД, проводятся контрольные измерения с применением ИЛЭТ в точке на удалении 60 метров.

### Заключение

Рассмотренный метод испытания фазовых светодальномеров с целью определения инструментальной погрешности при помощи лазерного интерферометра и непрерывного измерительного базиса позволяет подробно исследовать работу прибора при измерении различных длин базиса, достоверно и качественно определить метрологические характеристики испытуемого прибора.

Метод измерения погрешности нуль-пункта показал высокие точностные характеристики, повторяемость и простоту конструкции. Суммарная погрешность разработанного метода позволяет применять его при проведении поверок (кали-

бровок, испытаний в целях утверждения типа, аттестаций), рассматриваемых лазерных средств измерения длины.

В совокупности оба метода позволяют повысить уровень метрологического обеспечения измерения длин с применением ЛСИД.

### Литература

1. Большаков В.Д., Деймлих Ф., Голубев А.Н., Васильев В.П. Радиогодезические и электрооптические измерения: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 303 с. ил.
2. Интернет-сайт <https://www.bipm.org/en/measurement-units/>
3. Воронков Н.Н. Руководство по астрономо-геодезическим работам при топогеодезическом обеспечении войск. Часть I // Москва, РИО ВТС, 1980 – С. 112–113.
4. Соколов Д.А., Олейник-Дзядик О.М., Сильвестров И.С. Эталонный измерительный комплекс длины в диапазоне до 60 м из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины в диапазоне 24 м – 4000 км (ГПСЭД) / Труды института прикладной астрономии РАН. 2020. № 52. С. 63–67.
5. ГОСТ Р ИСО 17123-4-2011 Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 4. Светодальномеры (приборы EDM). – М.: Стандартинформ, 2011, 14 с.
6. Губин С.А., Соколов Д.А., Татаренков В.М. Патент РФ № 2698699. G01S 17/48. Способ воспроизведения единицы длины в лазерных дальномерам на основе интерферометра Майкельсона // Заявлено 27.12.2018. Опубликовано 29.08.2019. Бюл. № 25.
7. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. URL: <http://fundmetrology.ru>.
8. Козаченков С.А., Соколов Д.А. Перспективы метрологического обеспечения геодезических средств измерений в части поверки линейных характеристик в лабораторных условиях в диапазоне до 300 метров. Сборник: Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ, 2019. – 214–217 с.

## ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ШУМОВ MEASUREMENT OF TIME PARAMETERS OF SIGNALS IN CONDITIONS OF HIGH NOISE INTENSITY

Голык А.М., д.т.н., Толстуха Ю.Е., к.в.н., Санкт-Петербургский военный институт войск национальной гвардии,  
Дворников С.В., д.т.н., Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного,  
ФГАОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»,  
Клейменов Ю.А., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Суслин А.В., к.т.н., ФГАОУВО «Санкт-Петербургский  
государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Golik A.M., Doctor of Technical Sciences, Tolstukha Yu. E., Candidate of Military Sciences, St. Petersburg Military Institute  
of the National Guard Troops, Dvornikov S. V., Doctor of Technical Sciences, Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny  
Military Academy of Communications, FGAOUVO Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Kleymenov  
Yu. A., Doctor of Technical Sciences, FGBU "GNMC" of the Ministry of Defense of Russia, Suslin A.V., Candidate of Technical  
Sciences, FGAOUVO Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
e-mail: metr1956@yandex.ru, yriyt1951@yandex.ru, practicsv@yandex.ru,  
ura19572006@yandex.ru, suslin-sasha33@yandex.ru  
tel. 8(495)583-99-58, 88122479400, 89643922235

**Аннотация:** Представлены предложения по измерению временных параметров радиотехнических сигналов и оценке их результатов. Целью исследования является обоснование использования функции взаимной корреляции для процедур измерения временных параметров радиотехнических сигналов в условиях различной интенсивности шумов.

**Annotation:** Suggestions for measuring the time parameters of radio signals and evaluating their results are presented. The aim of the study is to substantiate the use of the cross-correlation function for measuring the time parameters of radio signals in conditions of different noise intensity.

**Ключевые слова:** измерения, временные параметры, функция взаимной корреляции, функция скользящего среднего, отношение мощности сигнала к мощности шума, погрешность измерений.

**Keywords:** measurements, time parameters, cross-correlation function, moving average function, signal power to noise power ratio, measurement error.

### Введение

Процедуры измерения играют существенную роль в теории и практике построения и эксплуатации радиотехнических систем [1, 2]. Поскольку только результаты измерений определяют правомерность теоретических предположений разработанных методов и алгоритмов.

Вместе с тем качество процедур измерений будет обеспечено только в случае применения высокоэффективного, многократно апробированного научно-методического аппарата обработки результатов для получения соответствующих состоятельных и несмещенных оценок [3, 4]. В настоящее время в радиотехнике для этих целей широко используются методы математической статистики, базирующиеся как на параметрической, так и непараметрической обработке [5, 6]. Однако, несмотря на глубокую проработку теоретических аспектов процедур измерения, достижения науки открывают новые возможности, позволяющие совершенствовать не только научно-методический аппарат измерений, но и алгоритмы обработки их результатов.

### Научно-методический аппарат измерения временных параметров сигналов радиотехнических систем

Сложность реализации процедур измерения в радиотехнике, как правило, обусловлена высоким уровнем канальных шумов, существенно снижающих качество получаемых оценок [7, 8]. Наиболее широкое применение указанные процедуры находят в техническом анализе [9], где по результатам измерений временных параметров обрабатываемых сигналов решается задача идентификации объектов исследования. В этом случае измеряемыми параметрами выступают длительности сигналов или интервалы между различными уровнями их амплитуды.

Достаточно часто в радиотехнике в качестве инструмента измерения и анализа используют функции взаимной корреляции (ФВК) [10]. Так, согласно [11], ФВК двух комплексно сопряженных функций, будет определяться следующим выражением:

$$R_{xy}(\tau) = \langle \overline{x(0)} y(\tau) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \overline{x(t)} y(t + \tau) dt, \quad (1)$$

Таблица – Зависимость погрешности измерений от ОСШ

|               |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| $h^2$ , дБ    | 30   | 25   | 20   | 15   | 12  | 10   | 8    | 6    | 4    |
| $\Delta(h^2)$ | 0,94 | 0,96 | 0,97 | 1,07 | 1,1 | 1,14 | 1,33 | 1,51 | 1,62 |

кационных сигналов [12], в задачах демодуляции [15], технического анализа и обнаружения [9, 16].

При этом авторы понимают, что предлагаемое направление требует более детальной проработки, для получения достаточной статистики по различным условиям, в том числе и в каналах с замираниями.

#### Литература:

1. Крамин А.П., Кузин П.И., Липатников В.А. Автоматизация радиотехнических измерений параметров радиоканалов системы спутниковой связи в УВЧ-СВЧ диапазоне // В сборнике: Метрология в радиоэлектронике. Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции. В 2-х томах. – 2018. – С. 152–158.
2. Мельникова Л.Я., Ерлыков П.Н. Измерения параметров радиотехнической аппаратуры. С-Пб. ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 25 с.
3. Ваулин И.Н. Оценка неопределенностей (погрешностей) косвенных измерений в дБ // Вестник метролога. – 2021. – № 1. – С. 18–20.
4. Дворников С.В., Яхеев А.Ф. Метод измерения параметров кратковременных сигналов на основе распределения Алексева // Информация и космос. – 2011. – № 1. – С. 66–74.
5. Николаев Д.А. Параметрический метод обработки результатов наблюдений с учетом пропущенных данных // Надежность. – 2017. – Т. 17. – № 1 (60). – С. 53–58.
6. Алексеев А.А., Железняк В.К., Комарович В.Ф. и др. Автоматизированная система контроля интенсивности физических полей рассеивания сигналов // Научное приборостроение. – 2000. – Т. 10. – № 3. – С. 77–87.
7. Волчков А.А., Исаев Ю.А., Леонова К.С., Фуфаева О.В., Хайруллин Р.З. Метод построения оценок точности измерений на основе использования апостериорной информации // Вестник метролога. – 2019. – № 4. – С. 18–21.
8. Дворников С.В., Домбровский Я.А., Семисошенко М.А., Гулидов А.А., Иванов Р.В. Оценка помехозащищенности линий радиосвязи с медленной псевдослучайной перестройкой рабочей частоты // Информация и космос. – 2016. – № 4. – С. 11–14.
9. Дворников С.В., Кудрявцев А.М. Теоретические основы частотно-временного анализа кратковременных сигналов. СПб.: ВАС, 2010. – 240 с.
10. Красичков А.С., Григорьев Е.Б., Нифонтов Е.М., Шаповалов В.В. Оценка допустимых границ выборочного коэффициента взаимной корреляции в задаче классификации кардиокомплексов // Медицинская техника. – 2017. – № 6 (306). – С. 10–13.
11. Дворников С.В., Осадчий А.И., Дворников С.С. и др. Демодуляция сигналов на основе обработки их модифицированных распределений // Контроль. Диагностика. – 2010. – № 10. – С. 46–54.
12. Голик А.М., Шишов Ю.А., Клейменов Ю.А. и др. Измерительные системы на основе частотных радиолокаторов ближнего действия // Вестник метролога. – 2021. – Ч. 1 – № 1. – С. 11–17. – Ч.2. – № 2. – С. 3–10.
13. Волчков А.А., Исаев Ю.А., Леонова К.С. и др. Применение байесовского подхода для построения эффективных оценок точности измерений // Вестник метролога. – 2020. – № 3. – С. 9–12.
14. Еремин Е.В., Денисенко О.В. О систематической погрешности измерения средней скорости // Вестник метролога. – 2019. – № 4. – С. 12–17.
15. Дворников С.В., Устинов А.А., Пшеничников А.В. и др. Демодуляция сигналов ОФТ на основе адаптивного порога // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. – 2013. – № 2. – С. 90–97.
16. Дворников С.В., Железняк В.К., Храмов Р.Н. и др. Метод обнаружения радиоизлучений на основе частотно-временного распределения Алексева // Научное приборостроение. – 2006. – Т. 16. – № 1. – С. 107–115.

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ВЫПУСКЕ МАССОВОЙ ПРОДУКЦИИ**  
**APPLICATION OF STATISTICAL METHODS OF QUALITY CONTROL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS  
OF THE ENTERPRISE IN THE PRODUCTION OF MASS PRODUCTS**

Тарасов Д.Ю., к.т.н., МГТУ им. Баумана  
Храменков А.В., к.т.н., ГИИЦ Минобороны России  
Tarasov D. Yu., Candidate of Technical Sciences, Moscow State Technical University, Bauman's  
Khramenkov A.V., Candidate of Technical Sciences, SSC of the Ministry of Defense of the Russian Federation  
E-mail: tarasov@itcbmstu.ru, Khramenkov@gmail.com  
tel. +7(903)227-77-04, +7(915)033-71-17

**Аннотация:** в статье предложен способ оценки соответствия технологического процесса предприятия заданным требованиям при выпуске массовой продукции, основанный на статистических методах выборочного контроля качества выпускаемой продукции. Приведены зависимости вероятностей ошибочных решений при оценке соответствия выпускаемой продукции от объема выборки изделий из оцениваемой совокупности.

**Annotation:** the article suggests a method for assessing the compliance of the technological process of an enterprise with the specified requirements for the production of mass products, based on statistical methods of selective quality control of manufactured products. The dependences of the probabilities of erroneous decisions in assessing the conformity of manufactured products with the sample size of products from the estimated population are given.

**Ключевые слова:** статистические методы, выборочный контроль, объем выборки, вероятности ошибочных решений.

**Keywords:** statistical methods, sample control, sample size, probability of erroneous decisions.

При создании и аттестации системы управления качеством предприятия, соответствующей требованиям ISO 9001 [1], обязательным условием ее эффективного функционирования является применение статистических методов для гарантированно бездефектного выпуска продукции.

За счет применения статистических методов повышается надежность расчетов и прогнозов при оценке качества на всех стадиях производства продукции, а также при планировании и анализе результатов экспериментов. В области входного контроля на основе статистических методов формируются планы выборок для того, чтобы их объем производился на основе оценок качества предыдущих поставок продукции поставщика и в зависимости от величины партии поставки.

Применение контроля качества технологического процесса при выпуске предприятием массовой продукции позволяет, как показано в [2], обеспечить повышение качества выпускаемой продукции при сокращении временных и стоимостных затрат на проведение оценки ее соответствия заданным требованиям. Статистические методы позволяют также достоверно оценивать соответствие применяемого при производстве продукции оборудования (средств измерений, контрольного и испытательного оборудования и др.) заданным требованиям при оценке соответствия системы менеджмента качества предприятия [1].

В основе статистических методов лежит процедура принятия по результатам обработки массива экспериментальных данных одну из двух или нескольких статистических гипотез, наилучшим образом соответствующих полученным экспериментальным данным [3]. Наиболее широкое распространение в настоящее время получили статистические методы оценки соответствия на основе выборочного контроля из партии произведенных изделий [4, 5].

В методе [4] при оценке соответствия партии выпускаемой предприятием однотипных изделий массового производства заданным требованиям принято, что каждое изделие может находиться в двух состояниях: «соответствует требованиям» или «не соответствует требованиям». Событие «соответствует требованиям» для конкретного изделия будем считать эквивалентным «0», а событие «не соответствует требованиям» – «1». Пусть действительное относительное число изделий в партии, выпущенной предприятием, не соответствующих требованиям (дефектных), равно, тогда функция распределения случайной величины  $Y$ , заключающейся в получении в конкретном испытании значения 0 или 1, будет равна [6]:

$$Y = \begin{cases} 0 - \text{с вероятностью } (1 - \rho), \\ 1 - \text{с вероятностью } \rho \end{cases}, \quad (1)$$

ка, включенная в критическую область, имеет наибольшее отношение вероятностей осуществления при гипотезах  $H_1$  и  $H_0$  по отношению к любой другой выборке, еще не вошедшей в состав критической области, то очевидно, что вероятностная мера критической области при справедливости гипотезы  $H_1$ , т.е. мощность критической области, больше или равна мощности любой другой области того же уровня.

Рассмотренный методический аппарат, предложенный в [4], предполагает, что величина  $\alpha$  и объем выборки  $m$  заданы, и требуется найти критическую область, соответствующую этим величинам, для которой вероятность  $\beta$  была бы минимальной. Однако на практике часто возникает необходимость при проверке статистических гипотез с целью оценки соответствия технологического процесса предприятия установленным требованиям выбирать методику выборочного контроля исходя из того, что заданы значения вероятностей ошибочных решений  $\alpha$  и  $\beta$ , и задача заключается в отыскании минимального объема выборки изделий  $m$ , при которой мощность области уровня  $\alpha$  больше или равна  $1 - \beta$ .

Обозначим через  $\beta_m$  вероятность ошибки второго вида, связанной с наиболее мощной критической областью уровня  $\alpha$  в случае, когда проверка статистической гипотезы основана на выборке изделий объемом  $m$ . Можно показать, что с ростом  $m$  величина  $\beta$  уменьшается или во всяком случае не возрастает. Вообще  $\beta_m$  стремится к нулю при неограниченном возрастании  $m$ .

Обозначим через  $m(\alpha, \beta)$  наименьшую величину  $m$ , для которой  $\beta_m \leq \beta$ . Тогда для получения критерия, при котором вероятность ошибки первого вида равнялась бы  $\alpha$ , а вероятность ошибки второго вида не превосходила бы  $\beta$ , необходимо, в соответствии с [4], брать выборки объемом  $m \geq m(\alpha, \beta)$ .

В существующей теории проверки статистических гипотез количество наблюдений, т. е. объем выборки, на которых основывается проверка, считается постоянным для каждой конкретной задачи.

Процедура проверки статистических гипотез на основе критерия Неймана-Пирсона основана на том, что формируется выборка объемом  $m$  и гипотеза  $H_0$  принимается в случае, если сумма  $\bar{y}$  наблюдений  $y_1, \dots, y_m$  меньше либо равно  $d$ . Если окажется, что  $\bar{y} > d$ , то принимается гипотеза  $H_1$ . Величины  $m$  и  $d$  для процедуры Неймана-Пирсона устанавливаются до начала проверки, исходя из заданных вероятностей ошибок первого  $\alpha$  и второго  $\beta$  рода.

Как уже показано выше, распределение случайной величины  $y$  подчиняется биномиальному закону и описывается выражением (1). Если ис-

тинна гипотеза  $H_0$  (т.е.  $\rho \leq \rho_0$ ), то при выборке  $y_1, \dots, y_m$  вероятность принять правильное решение при проверке статистической гипотезы  $H_0$  будет соответствовать вероятности того, что для случайной величины  $y$  в  $m$  проверенных изделиях количество дефектных окажется не более  $d$ . Вероятность этого события определяется в соответствии с выражением (2). Очевидно, в данном случае вероятность, определяемая согласно выражению (2), будет равна 1- $\alpha$ .

Если истинна гипотеза  $H_1$  (т.е.  $\rho > \rho_1$ ), то при выборке  $y_1, \dots, y_m$  вероятность принять гипотезу  $H_0$  будет равна

$$P(\bar{y} \leq d) = \sum_{i=0}^d C_m^i \rho_1^i (1 - \rho_1)^{m-i}, \quad (6)$$

Поскольку гипотеза  $H_0$  в случае  $\rho > \rho_1$  принимается ошибочно, вероятность такой ошибки равна  $\beta$ . Исходя из этого, получаем следующую систему уравнений

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^d C_m^i \rho_0^i (1 - \rho_0)^{m-i} = 1 - \alpha \\ \sum_{i=0}^d C_m^i \rho_1^i (1 - \rho_1)^{m-i} = \beta \end{cases}, \quad (7)$$

Таким образом, путем решения системы уравнений (7) при заданных  $\alpha, \beta, \rho_0$  и  $\rho_1$ , можно определить необходимый для критерия Неймана-Пирсона объем выборки  $m$  и допустимое число дефектных элементов  $d$  в выборке.

**Литература:**

1. ISO 9001: 1994. Системы качества. Модель для обеспечения качества при проектировании, разработке, монтаже и обслуживании.
2. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
3. Статистические методы обеспечения качества // М.: Машиностроение. – 1995. – с. 601.
4. Статистические методы повышения качества // Под ред. Хотоси Куме. – М.: «Финансы и статистика», 1990.
5. Вальд А. Последовательный анализ. М.: Физматлит, 1960. – 326 с.
6. Леман Э. Проверка статистических гипотез. – М.: Наука, 1979. – 408 с.
7. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения // М.: Наука. – 1988. – с.480.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА СГЛАЖИВАНИЯ ДАННЫХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ  
ТОЧНОСТИ МЕТОДА СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**  
**EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE DATA SMOOTHING ALGORITHM IN SOLVING THE PROBLEM  
OF IMPROVING THE ACCURACY OF THE MEASUREMENTS IN A CLOSED SERIES**

А.А. Яцко, (ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России)  
A.A. Yatsko (FSBI «46 Central research institute» Ministry of defense of the Russian Federation)  
e-mail: up1098@yandex.ru  
тел: 8-985-966-18-22

**Аннотация:** Целью данной статьи является представление алгоритма, разработанного для повышения точности метода раздельной идентификации эффективной тяги двигателя и аэродинамического сопротивления летательного аппарата, являющегося методом совместных измерений [1]. Автором внесены предложения для дальнейшего развития данной методики.

Известно, что корреляция между регрессорами снижает точность. Модель, для построения которой использованы сильно коррелированные данные, может быть ошибочной. Основной идеей алгоритма является предварительное сглаживание данных. Причём непосредственное численное интегрирование системы дифференциальных уравнений не дает положительных результатов, поскольку постоянные составляющие погрешностей измерений входных сигналов приводят к появлению погрешности типа линейного тренда. Для устранения этого эффекта автором предложено включение вектора неизвестных параметров, состоящего из постоянных составляющих погрешностей измерений сигналов.

В статье представлены результаты работы методики раздельной идентификации как без нового алгоритма так и совместно с ним. Полученные результаты подтверждают эффективность предлагаемого подхода. На примере показано, что алгоритм существенно повышает точность метода совместных измерений.

Ранее данный подход не применялся, что подтверждает научную новизну.

**Annotation:** The purpose of this article is to present an algorithm developed to improve the accuracy of a promising technique for separate identification of the effective engine thrust and aerodynamic drag of an aircraft. The author made suggestions for further development of this technique.

It is known that the correlation between the regressors reduces the precision. A model that uses highly correlated data may be erroneous. The main idea of the algorithm is to pre-smooth the data. Moreover, direct numerical integration of the system of differential equations does not give positive results, since the constant components of the measurement errors of the input signals lead to the appearance of an error of the linear trend type. To eliminate this effect, the authors proposed the introduction of a vector of unknown parameters consisting of constant components of signal measurement errors.

The article presents the results of the separate identification method both without the new algorithm and in conjunction with it. The results obtained confirm the effectiveness of the proposed approach. The example shows that the algorithm significantly improves the accuracy of the measurements in a closed series.

This approach has not been used before, which confirms the scientific novelty.

**Ключевые слова:** теория идентификации систем, сглаживание данных, метод совместных измерений, минимизация погрешностей.

**Keywords:** theory of system identification, smoothing of the data, measurements in a closed series, minimization of errors.

## 1. Алгоритм уменьшения влияния шумов измерений на точность идентификации эффективной тяги двигателей на основе сглаживания данных

Существует способ определения тяги двигателей самолета пат. 2579796 [2, 3]. Дальнейшим его развитием является внесение в расчёт описанного в статье алгоритма.

Алгоритм основан на численном интегрировании уравнения движения самолета, а операция интегрирования, как известно, является мощным фильтром нижних частот. Это позволяет эффективно подавлять случайные погрешности измерений, которые по своим частотным и статисти-

ческим свойствам с высокой точностью соответствуют широкополосному случайному процессу.

Таким образом, предлагаемый метод подавления шумов измерений состоит в последовательном применении алгоритмов сглаживания и алгоритма идентификации МНК.

Рассмотрим дифференциалы модели пространственного движения летательного аппарата [4–8]:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega_z - \frac{1}{\cos \beta} \left[ \left( \frac{a_x}{V} - \omega_y \sin \beta \right) \sin \alpha + \left( \frac{a_y}{V} + \omega_x \sin \beta \right) \cos \alpha \right],$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{a_z}{V} \cos \beta - \left( \frac{a_x}{V} \sin \beta - \omega_y \right) \cos \alpha + \left( \frac{a_y}{V} \sin \beta + \omega_x \right) \sin \alpha,$$

тров движения. Сравнение полетных данных и смоделированных параметров полета позволяет выявить систематические погрешности различных типов: аддитивные постоянные, мультипликативные, нелинейность градуировочной характеристики.

#### Список литературы:

1. РМГ 29–2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения
2. Способ определения тяги двигателей самолета: пат. 2579796 Российская Федерация: G 01 L 5/13 / Н.А. Туткарев, О.П. Лысюк, В.С. Кулабухов, О.Н. Корсун, Б.К. Поплавский, В.Ф. Заец ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского. – № 0002579796 опубли. 18.04.2016.
3. Корсун О.Н., Поплавский Б.К. Обоснование подходов к раздельной идентификации эффективной тяги двигателей и силы аэродинамического сопротивления по данным летных испытаний // XII Всероссийское совещание по проблемам управления. – 2014. – С. 3371–3377.
4. Корсун О.Н., Поплавский Б.К., Леонов В.А. Оценивание силы тяги двигателей воздушных судов по данным летных испытаний на основе оптимальных инвариантных линейных преобразований // Техника воздушного флота. – 2011. – №1. – С. 25–30.
5. Корсун О.Н., Мотлич П.А. Комплексный контроль бортовых измерений основных параметров полета летательного аппарата // Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Н.Э.Баумана. Электронный научно-технический журнал – 2013 г.
6. Корсун О.Н., Поплавский Б.К., Яцко А.А. Раздельная идентификация тяги двигателей и силы аэродинамического сопротивления по данным летных испытаний при воздействии шумов измерений // Труды X Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'15. – 2015. – С. 1032–1042
7. Поплавский Б.К., Корсун О.Н., Леонов В.А. Оценивание силы тяги двигателей и аэродинамического сопротивления по данным летных испытаний // Седьмой международный аэрокосмический конгресс IAC'12 (Электронный ресурс; CD-ROM гос. рег. № 0321303652). 2012. С. 299–302.
8. Приходько С.Ю. Идентификация силы тяги при изменении режима работы двигателей в летных испытаниях // Качество и жизнь. – 2017. – № 4. – С. 32–35.
1. RMG 29–2013 GSI. Metrologija. Osnovnye terminy i opredelenija
2. Sposob opredelenija tjagi dvigatelej samoleta: pat. 2579796 Rossijskaja Federacija: G 01 L 5/13 / N.A. Tutkarev, O.P. Lysjuk, V.S. Kulabuhov, O.N. Korsun, B.K. Poplavskij, V.F. Zaec ; zajavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoe obshhestvo Moskovskij nauchno-proizvodstvennyj kompleks «Avionika» imeni O.V. Uspenskogo. – № 0002579796 publ. 18.04.2016.
3. Korsun O.N., Poplavskij B.K. Obosnovanie podhodov k razdel'noj identifikacii jeffektivnoj tjagi dvigatelej i sily ajerodinamicheskogo soprotivlenija po dannym letnyh ispytanij // XII Vserossijskoe soveshhanie po problemam upravlenija. – 2014. – P. 3371–3377.
4. Korsun O.N., Poplavskij B.K., Leonov V.A. Ocenivanie sily tjagi dvigatelej vozдушnyh sudov po dannym letnyh ispytanij na osnove optimal'nyh invariantnyh linejnyh preobrazovanij // Tehnika vozдушnogo flota. – 2011. – №1. – P. 25–30.
5. Korsun O.N., Motlich P.A. Kompleksnyj kontrol' bortovyh izmerenij osnovnyh parametrov poljota letatel'nogo apparata // Nauka i obrazovanie. Nauchnoe izdanie MGTU im. N.Э.Баумана. Jelektronnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal – 2013.
6. Korsun O.N., Poplavskij B.K., Jacko A.A. Razdel'naja identifikacija tjagi dvigatelej i sily ajerodinamicheskogo soprotivlenija po dannym letnyh ispytanij pri vozdejstvii шумов izmerenij // Trudy X Mezhdunarodnoj konferencii «Identifikacija sistem i zadachi upravlenija» SICPRO'15. – 2015. – P. 1032–1042
7. Poplavskij B.K., Korsun O.N., Leonov V.A. Ocenivanie sily tjagi dvigatelej i ajerodinamicheskogo soprotivlenija po dannym letnyh ispytanij // Sed'moj mezhdunarodnyj ajerokosmicheskij kongress IAC'12 (Jelektronnyj resurs; SD-ROM gos. reg. № 0321303652). 2012. P. 299–302.
8. Prihod'ko S.Ju. Identifikacija sily tjagi pri izmenenii rezhima raboty dvigatelej v letnyh ispytanijah // Kachestvo i zhizn'. – 2017. – № 4. – P. 32–35.

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКА АТОМОВ В  
ОДНОМ КВАНТОВОМ СОСТОЯНИИ ВОДОРОДНОГО СТАНДАРТА ЧАСТОТЫ  
С ДВОЙНОЙ СОРТИРОВКОЙ АТОМОВ ВОДОРОДА  
METHODS OF SINGLE-STATE SELECTION PERFORMANCE ESTIMATION OF ACTIVE HYDROGEN MASER**

Беляев А.А., к.т.н, Воронцов В.Г., Демидов Н.А., д.т.н., Поляков В.А., Тимофеев Ю.В., к.т.н., ЗАО «Время-Ч»  
Belyaev A.A., c.t.s., Vorontsov V.G., Demidov N.A., d.t.s., Polyakov V.A., Timofeev Yu.V., c.t.s., Vremya-CH JSC  
polyakov@vremya-ch.com  
+79877480800  
timofeev@vremya-ch.com  
+79101371557

Рассмотрены три метода, позволяющие оценить количество атомов в различных квантовых состояниях в накопительной колбе водородного генератора (ВГ) с системой двойной сортировки (СДС) атомов водорода. Для каждого метода обсуждаются преимущества и ограничения по применению. Приведены результаты оценки эффективности формирования пучка атомов в одном квантовом состоянии для разработанного ВГ с СДС.

Three methods for the atomic beam composition measurement in hydrogen maser with single-state selection are given. The efficiency and limitation to applying of these methods are discussed. Results of the atomic beam composition measurement for designed hydrogen maser with single-state selection are shown.

**Ключевые слова:** активный водородный стандарт частоты, система двойной сортировки атомов по квантовым состояниям, метод адиабатического быстрого прохождения

**Key words:** active hydrogen maser, single-state selecting system, adiabatic rapid passage

**1. Введение**

В настоящее время постоянно растущий спрос на оперативную и точную частотно-временную информацию потребителей из разных областей науки и техники требует проведения работ по повышению метрологических характеристик водородных стандартов частоты (ВСЧВ). Это – военные технологии, спутниковая навигация, геодезия и картография, радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой и служба определения параметров вращения Земли, научные исследования по уточнению физических постоянных. К настоящему времени, в результате многолетних теоретических, экспериментальных и конструкторских разработок, ВСЧВ классической конструкции достигли практически своего теоретического предела по нестабильности частоты. Еще одной возможностью уменьшить этот предел является использование для генерации в ВГ пучка атомов водорода в одном квантовом состоянии. Для реализации этой возможности был разработан водородный генератор с системой двойной сортировки атомов водорода по квантовым состояниям [1].

Уменьшение предельной нестабильности частоты ВГ, обусловленной шумами микроволнового резонатора, достигается при этом за счет увеличения добротности спектральной линии и мощно-

сти, генерируемой атомами в резонаторе, при одинаковой интенсивности пучка [2]. Зависимость мощности генерации ВГ от интенсивности пучка определяется выражением [3]:

$$\frac{P}{P_{\text{пор}}} = -2q^2 \left( \frac{N_a}{N_{\text{пор}}} \right)^2 + (1 - 3q) \left( \frac{N_a}{N_{\text{пор}}} \right) - 1 \quad (1)$$

где  $P$  – мощность генерации;  $P_{\text{пор}}$  и  $N_{\text{пор}}$  – пороговая мощность и число атомов, необходимое для генерации;  $N_a$  – поток активных атомов, попадающих в накопительную колбу за 1 с;  $q$  – параметр качества ВГ, определяемый как:

$$q = \frac{\sigma_0 \bar{v} \hbar T_k V_p}{8\pi \mu^2 T \eta V_k Q_p} \alpha, \quad (2)$$

здесь  $\sigma_0 = 2,85 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$  – поперечное сечение спин-обменных столкновений [4],  $\bar{v}$  – средняя скорость атомов в накопительной колбе,  $\mu$  – магнитный дипольный момент атома водорода,  $T_k$  – среднее время нахождения атомов в накопительной колбе,  $T$  – полное время релаксации,  $V_p$  и  $V_k$  – объемы резонатора и колбы соответственно,  $\eta$  – фактор заполнения,  $Q_p$  – добротность резонатора,  $\alpha = \frac{N_n}{N_a}$  – параметр сортировки,  $N_n$  – полный

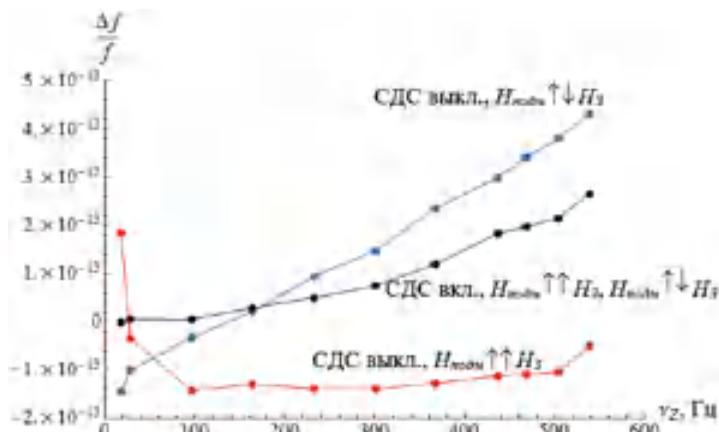


Рисунок 4а – Зависимость выходной частоты ВГ с СДС от частоты Зеемана:  
 красный – СДС выключена, поле подмагничивания сонаправлено с полем Земли;  
 синий – СДС выключена, поле подмагничивания противоположно направлению полю Земли;  
 черный – СДС включена

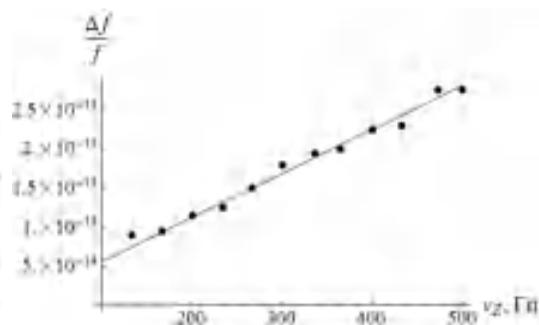


Рисунок 4б – Зависимость сдвига за счет неоднородности магнитного поля от частоты Зеемана при выключенной СДС. Точками показаны экспериментальные результаты, линия – результат аппроксимации по методу наименьших квадратов

### 5. Заключение

В статье были рассмотрены 3 метода, позволяющие оценить эффективность работы СДС. Каждый из методов обладает преимуществами и недостатками. Наиболее информативный метод – метод, основанный на эффекте Ауtlера-Таунса, позволяющий вычислить населенности трех магнитных подуровней с  $F=1$   $m_F=0, \pm 1$ . Однако этот метод имеет наиболее серьезные ограничения по применению и является наиболее трудоемким. Проведенные исследования разработанного ВГ позволяют сделать вывод о высокой эффективности работы СДС, что делает его перспективным для использования в промышленных ВСЧВ.

### Литература:

1. В.А. Поляков, А.А. Беляев, Н.А. Демидов, Ю.В. Тимофеев, «Система двойной сортировки атомов по квантовым состояниям для промышленного водородного стандарта частоты», Измерительная техника, вып. 8, сс. 31–36, 2018.
2. А.А. Беляев, Н.А. Демидов, В.А. Поляков, Ю.В. Тимофеев, «Оценка возможного уменьшения нестабильности частоты водородного генератора при использовании пучка атомов в одном квантовом состоянии», Измерительная техника, вып. 8, сс. 28–31, 2018.

3. D. Kleppner, H.C. Berg, S.B. Crampton, N.F. Ramsey, R.F.C. Vessot, H.E. Peters, J. Vanier. Phys. Rev. 138, A972, 1965.
4. Mazo R.M. Linewidths in the electron paramagnetic resonance spectrum of gaseous atomic hydrogen. J. Chem. Phys. 34, 1961.
5. Ю.В. Тимофеев, В.А. Поляков, А.А. Беляев, Н.А. Демидов, «Результаты экспериментальных исследований водородного генератора с двойной сортировкой атомов по квантовым состояниям», Измерительная техника, вып. 8, сс. 40–43, 2018.
6. S.H. Autler, C.H. Townes. Phys. review, vol. 78, p. 340, 1950.
7. H.G. Andresen. Z. Physik, vol. 210, 1968.
8. N. F. Ramsey. Molecular beams (Oxford: Oxford University Press), 1956.
9. C. Cohen – Tannoudji. J. Phys. B.: Atom. Molec. Phys., vol. 10, 1977.
10. C. Audoin, M. Desaintfuscién, P. Piejus, J.P. Schermann. J. Quantum Electr., vol. QE-5, № 9, 1969.
11. Jadaszliwer B., Yat C. Chan. Proc. 21th Ann. PTTI Appl. and Plan. Meeting, p. 223, 1989.
12. S.B. Crampton, E.C. Fleri, H.T.M. Wang. Metrologia 13, 131, 1977.
13. S.B. Crampton, H.T.M. Wang. Phys. Rev. A 12, 1305, 1975.
14. S.F. Watanabe, H.G. Robinson. J. Phys. B: Atom. Molec. Phys., vol. 10, № 5, 1977.
15. Ф. Риле. Стандарты частоты. Принципы и приложения. М.: Физматлит, 2009.
16. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. Издание 7-е, исправленное. М.: Наука, 1988.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПОЛНОТЫ КОНТРОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗА СЧЕТ РАСШИРЕНИЯ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА СТАНЦИЙ СПУТНИКОВОГО РАДИОКОНТРОЛЯ  
TECHNICAL POSSIBILITIES OF INCREASING THE COMPLETENESS OF MONITORING OF SPACECRAFT AND EXPANDING THE FREQUENCY RANGE OF SATELLITE RADIO MONITORING STATIONS**

Воронцов А.П., ФГУП НИИР, Кизима С.В., д.т.н., эксперт МСЭ, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,  
Сарьян В.К., д.т.н., академик НАН РА, ФГУП НИИР  
A.Vorontsov, FSUE NIIR, S.Kizima, ITU expert, FSBI «MSMC» Ministry of defense of Russia, Dr.Sci.(Tech),  
V.Saryan, Dr.Sci.(Tech), Academician of NAS RA, FSUE NIIR  
e-mail: 5314368@mail.ru

*В статье рассматриваются потенциальные возможности улучшения технических характеристик станций спутникового радиоконтроля за счет расширения диапазона рабочих частот посредством применения широкополосных облучателей.*

*The article discusses the potential for improving the technical characteristics of satellite radio monitoring stations by expanding the operating frequency range through the use of broadband feeds.*

**Ключевые слова:** станции спутникового радиоконтроля, диапазон рабочих частот, антенна, облучатель, измерительные задачи, измеряемые величины, полнота контроля.

**Keywords:** satellite radio monitoring stations, operating frequency range, antenna, feed antenna, measurement tasks, measured values, completeness of monitoring.

Удовлетворение возрастающих потребностей пользователей в сервисах и услугах беспроводной связи, требования их надежности и безотказности предполагают наличие высокого уровня эксплуатационной готовности радиочастотного спектра.

Эксплуатационная готовность радиочастотного спектра определяется параметрами занятости и загруженности спектра, а также параметрами радиоэлектронной, электромагнитной и помеховой обстановки, при которых легитимно действующие радиосредства могут функционировать с требуемым качеством в любой момент времени и в любом территориальном районе в соответствии с определенными (заданными и согласованными) частотно-территориальными планами (для наземных радиосредств) или частотно-поляризационными планами и орбитальными позициями (для радиосредств космических аппаратов).

Эксплуатационная готовность радиочастотного спектра зависит от качества частотно-территориального планирования использования радиоэлектронных средств (РЭС), согласования и координации частотных присвоений, а также от соблюдения установленных правил и норм использования радиочастотного спектра.

Контроль соблюдения установленных правил и норм использования радиочастотного спектра, поиск и обеспечение прекращения действия радиопомех осуществляется системой радиокон-

троля. В этой связи эксплуатационная готовность радиочастотного спектра определяется в том числе и эффективностью действующей системы радиоконтроля, направленной на контроль соблюдения условий работы и условий электромагнитной совместимости РЭС, обеспечение беспомеховой работы РЭС, своевременное выявление и устранение нарушений в области использования радиочастотного спектра, оперативный поиск источников и прекращение действия помех приему теле- и радиосигналов.

Эффективность контроля определяется множеством показателей, к которым относятся полнота, оперативность, точность, достоверность, информативность, а также показатели стоимости оборудования и стоимости процессов контроля.

Оперативность, точность, достоверность, информативность контроля, а также стоимостные показатели являются характеристиками и показателями технических средств, систем и технологических процессов контроля.

Полнота контроля определяется составом (номенклатурой) контролируемых объектов и потенциальной способностью и возможностями их контроля с использованием технических средств и/или системы контроля. Полнота контроля определяется как отношение числа проконтролированных (или контролируемых) объектов к общему числу объектов контроля.

**Коническая логоспиральная антенна.** Вариант реализации технических решений конической логоспиральной антенны представлен на рисунке 5.

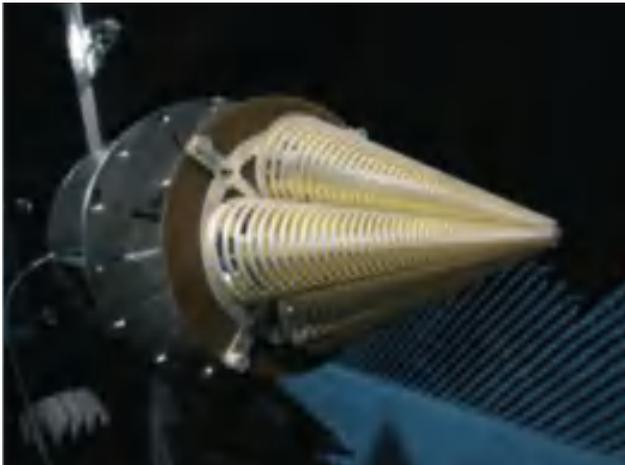


Рисунок 5 – Коническая логоспиральная антенна

Примеры реализации конической логоспиральной антенны диапазона 2–14 ГГц представлены в литературе [5]. Величина коэффициента перекрытия в полосе рабочих частот составляет 7:1, при этом, максимальное отклонение положения ФЦ не превышает 6 см во всем диапазоне частот. Такое изменение положения ФЦ является существенным для верхнего рабочего диапазона частот. Ширина и форма ДН логоспиральной антенной решетки сохраняется с увеличением частоты, что позволяет эффективно использовать ее в качестве широкополосного облучателя зеркальной системы. Недостатком такой антенны является невозможность работать на нескольких видах поляризации.

Данный тип антенны позволяет обеспечивать прием сигналов либо в круговой поляризации, либо в линейной поляризации и обладает возможностью работы с коэффициентом перекрытия в полосе рабочих частот 7:1.

### Продолжение статьи в ВМ-2-2022

#### Литература:

1. Справочник по радиоконтролю, МСЭ, 2011.
2. Рекомендация МСЭ-R SM.1054-1 (08/2019) «Контроль радиоизлучений космических аппаратов на станциях контроля».

3. Рекомендация МСЭ-R SM.1681 (2004) «Измерение низкоуровневых излучений от космических станций при мониторинге наземными станциями с использованием методов шумоподавления».

4. Отчет МСЭ-R SM.2424-0 (06/2018) «Методы измерения и новые технологии спутникового контроля».

5. Юрцев О., Рунов А., Казарин А., Спиральные антенны, М., Советское радио. 1974.

6. О.П. Фролов, В.П. Вальд, Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи, М., Горячая линия – Телеком, 2008 – 496с.

7. Yin, J.; Yang, J., Karandikar Y., Kidal P. (2007) «The Eleven Antenna Feed for Monopulse Tracking and Combining L-, C-, X- and Ku Satellite Bands».

8. Yin, J.; Yang, J.; Pantaleev, M. (2013) «The Circular Eleven Antenna: A New Decade-Bandwidth Feed for Reflector Antennas With High Aperture Efficiency», Transactions on Antennas and Propagation, vol. 61(8), pp. 3976-3984.

9. Yang, J.; Kildal, P.; Pantaleev, M. (2013) «Overview of developments of the eleven Feeds». 7th European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP 2013, Gothenburg, Sweden, 8-12 April 2013 pp. 553-557.

10. Olsson R., Kildal P. Weinreb S. (2013) «The Eleven Antenna: A compact Low-Profile Decade Bandwidth Dual Polarized Feed for Reflector Antennas» Ieee Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54(2), pp. 368-375.

11. Gross, Frank G. Frontiers in Antennas: Next Generation Design & Engineering / Frank B. Gross. – The McGraw-Hill Companies, 2011. – 526 p.

12. Janaswamy, R. Analysis of the Tapered Slot Antenna / R. Janaswamy, D. Schaubert // IEEE Trans. AP. – 1987. – V. 35. – P. 1058-1065.

13. Yang Y., Wang Y., and Fathy A.E. Design of a compact Vivaldi antenna arrays of UWB / PIERS 82, 2008.

14. Сомов, А.М. Спутниковые системы связи: Учебное пособие / А.М. Сомов, С.Ф. Корнев; под редакцией А.М. Сомова. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012.

15. Сомов А. М. Расчёт антенн земных станций спутниковой связи. Учебное пособие для вузов / А.М. Сомов. – М.: Горячая Линия–Телеком, 2010.

16. Сомов А.М. Антенно-фидерные устройства: Учебное пособие / А.М. Сомов, В.В. Старостин, Р.В. Кабетов; под ред. А.М. Сомов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2011.

17. А.П. Воронцов, Актуальные проблемы мониторинга и контроля спутниковой составляющей единой глобальной конвергентной инфокоммуникационной среды, М.: РИНЦ «REDS: Телекоммуникационные устройства и системы», №2, 2021, 3-8 с.

**47 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ ВОЕННЫХ МЕТРОЛОГОВ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ВОЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ» (21 АПРЕЛЯ 2022 ГОД)**



Организационный комитет 47 научно-технической конференции молодых ученых и специалистов военных метрологов приглашает Вас принять участие в конференции «Актуальные задачи военной метрологии», которая состоится **21 апреля 2022 года в КВЦ «Патриот», г. Кубинка Московской области.** (Начало в 10 ч. 00 мин).

Заявки на участие, тезисы докладов и другие материалы высылают:

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

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

✉ **e-mail:** kmu.gnmc@yandex.ru.

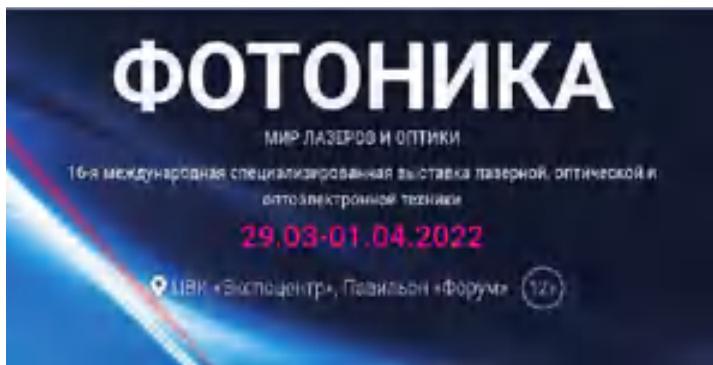
Контактное лицо:

Председатель Совета молодых ученых ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России  
Шарганов Кирилл Александрович

☎ **телефоны:** 8-(495)-583-52-48;

☎ **8-(964)-501-86-32**

**ФОТОНИКА. МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ – 2022 (29.03–01.04.) ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»**



Ежегодная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники является общепромышленной площадкой, где на 30–40% стендов представлена совершенно новая техника, которая появилась в течение года. По оценкам, полученным на основе опросов участников, до 80% всех деловых контрактов заключаются на выставке «Фотоника».

**Выставка «Фотоника. Мир лазеров и оптики» – это:**

- самое посещаемое событие отрасли в России;
- прямые контакты с руководителями государственных структур;

- возможность получения гос. заказов и контрактов с крупнейшими компаниями и многое другое.

**Тематика**

- 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, нанофотоника
- Оптические системы регистрации, хранения, обработки и передачи информации
- Биомедицинское оборудование на основе фотонных технологий
- Лазерная медицина
- Лазерная техника для растениеводства и природопользования
- 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
- Подготовка кадров, информационное обеспечение

**ANALITIKA EXPO 2022 (19-22 АПРЕЛЯ) МВЦ КРОКУС ЭКСПО**



*20-я Международная выставка лабораторного оборудования и химических реактивов «Аналитика Экспо» состоится с 19 по 22 апреля 2022 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо», павильон 3, зал 13.*



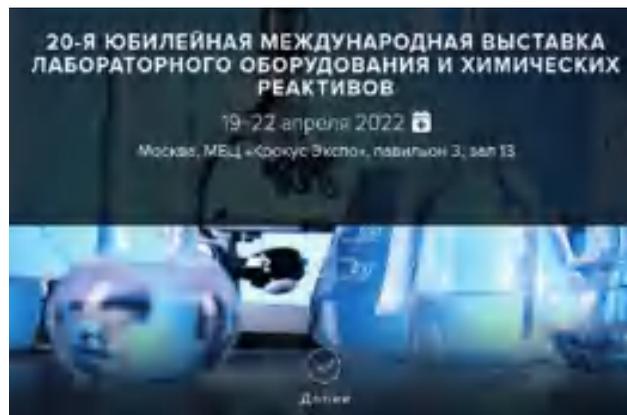
«Аналитика Экспо» – выставка контрольно-измерительных приборов, лабораторной мебели, химических реактивов и материалов, биотехнологий и диагностики, оборудования для исследования наноматериалов и наноструктур, приборов и систем для нанотехнологии, а также оборудования для биотехнологий и контрольно-измерительного оборудования.

Посетители выставки – руководители, инженеры, технологи, метрологи и другие специалисты научно-исследовательских институтов, российских научных и производственных лабораторий из фармацевтической, химической, пищевой,

нефтегазовой, металлургической и других отраслей промышленности.

Участники выставки – производители и поставщики современного и надежного лабораторного оборудования и реактивов, непрерывно совершенствующие свой ассортимент, и заинтересованные в активном продвижении продукции на российском рынке.

Международный статус выставки подтверждается знаками Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI) и Российского союза выставок и ярмарок (РСВЯ).



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

Публикация статей в журнале осуществляется бесплатно.

Оттиски опубликованных статей авторам не высылаются.

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

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

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

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

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

Статья должна содержать УДК.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## NOTE AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Article shall contain UDC (Universal Decimal Classification).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ПОДПИСКА

Принимается подписка на ежеквартальный журнал  
«Вестник метролога»

Читатели могут оформить подписку  
talikova@vniiftri.ru;

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

«Пресса России»

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

