

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:

Надеин В.В., к.п.н., доцент,

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

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

п/о Менделеево, Солнечногорский
район, 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: 125413, Россия,
г. Ижевск,

Сдано в набор 03.11.2023

Подписано в печать 21.11.2023

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

Общие вопросы метрологии

Храменков В.Н., д.т.н., профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Щеглов В.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Нормативные правовые основы отнесения измерений в область обороны и безопасности государства (ООБГ) и при выполнении государственного оборонного заказа (ГОЗ) к сфере государственного регулирования (СГР) обеспечения единства измерений (ОЕИ) 3

Супрунюк В.В., д.т.н., ведущий научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Кувькин Ю.А., к.т.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Щедрин А.Ю., младший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Горбачев А.А., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

О метрологическом самоконтроле измерительных систем 5

Филатов И.Н., д.т.н., доцент, АНО» Центр научных исследований, аккредитации и обучения «Квалитет», Храменков А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Установление обязательных метрологических требований к системе менеджмента качества организации 10

Радиотехнические измерения

Дворов А.Н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Иванов А.А., к.т.н., филиал ФГБУ НИИР-ЛОНИИР, Семёнов А.А., к.т.н., ВКА им. А.Ф. Можайского

Аппаратно-программный комплекс оценки и анализа получаемой радиолокационной информации в условиях спектральных изменений физических процессов визирования объектов 13

Михайлов Д.Б., Медведев И.Н., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Результаты математического моделирования радиолокационных отражателей, применяемых для измерений эффективной площади рассеяния 17

Измерения давления

Талалай А.В., Научно-технический комитет (Метрологическая служба Вооруженных Сил Российской Федерации), Григорьев А.С., Талалай И.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Анализ составляющих погрешности рабочих эталонов единицы избыточного статического давления 20

Оптические и оптико-физические измерения

Надеин В.В., к.п.н., доцент, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Надеина О.В., к.п.н., Жилкина Т.Ю., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Способы эффективного применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в области лазерной, оптической и оптоэлектронной техники 25

Измерения угловых величин

Искендерзаде Э.Б., д.т.н., профессор, Ахмедова Ш.В., с.н.с., Национальное Аэрокосмическое Агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика

Анализ угловых погрешностей контакта щупа с изделием в координатно-измерительных машинах 30

Стандарты частоты и времени

Васильев А.В., Окишев Д.А., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Разработка методики выбора опорного стандарта частоты и времени по результатам анализа характеристик вторичного эталона единиц времени и частоты 33

Перечень научных статей, опубликованных в 2023 году 36

Подписка на журнал «Вестник метролога 39

49 научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов военных метрологов «Актуальные задачи военной метрологии» 40

VM 4/2023

Research magazine «Vestnik Metrologa»
«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. 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 obl., Olympic avenue, possession
12, construction 1, of. 404

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

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

E-mail: 32gniii_vm@mail.ru

It is Printed by OOO «Print»

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

telephone (3412) 56-95-53

The Circulation
300 copies

ISSN 2413–1806 Are Registered

in Federal service on control in sphere relationship, information technology and
mass communication. Certificate about registrations PI № FS77-60016 from
November 21, 2014 Material of the journal take seats on put Scientific electronic
library and are included in national information-analytical system RINC

CONTENTS

Common questions of a metrology

**Khramenkov V.N., d.t.s., FSBI «MSHC» of Russian Federation Ministry of
Defense, Shcheglov V.A., FSBI «MSHC» of Russia Federation Ministry of Defense**
Normative legal bases of the referring the measurements in area of the
defence and safety state (DSS) and when performing the state defense
order (SDO) to sphere of the government regulation (SGR) of the provision
unity measurements (PUM) 3

**Suprunyuk V.V., d.t.s., leading researcher, FSBI «MSHC» of Russia
Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region), Kuvykin Yu.A.,
c.t.s., senior researcher, FSBI «MSHC» of Russia Ministry of Defense
(Mytishchi, Moscow Region), Shchedrin A.Yu., junior researcher, FSBI
«MSHC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region)
Gorbachev A.A., senior researcher, FSBI «MSHC» of Russia Ministry
of Defense (Mytishchi, Moscow Region)**
About metrological self-checking of measuring systems 5

**Filatov I.N., d.t.n., ANO» Centre of the scientific studies, accreditations
and education «Kvalitet», Khramenkov A.V., Candidate of Technical
Sciences, FSBI «MSHC» of Russian Federation Ministry of Defense**
Determination of the obligatory metrological requirements to system of
management quality to organizations 10

Measurements of radio engineering quantities

**Dvorov A.N., Federal State Budgetary Institution «Metrology Scientific
Head Center» Russian Federation Ministry of Defense, Ivanov A.A.,
k.t.s, branch Federal State Budgetary Institution «NIIR-LONIR»,
Semyonov A.A., k.t.s, Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky**
Hardware-software complex for evaluation and analysis of the received
radar information in the conditions of spectral changes in the physical
processor of object sighting 15

**Mikhaylov D.B., Medvedev I.N., k.t.s., FSBI «MSHC» of Russia
Federation Ministry of Defense**
Determination of metrological characteristics of measuring instruments of
geometric leveling at the places of their operation 17

Measurements of the pressure

**Talalay A.V., Scientific and Technical Committee (Metrological service
of the Armed Forces of the Russia), Grigorev A.S., Talalay I.A., FSBI
«MSHC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region)**
The analysis of the components of the error of the secondary standard of
the unit of overpressure 20

Optic and optic-physical measurements

**Nadein V.V., k.p.s., FSBI «MSHC» of the Ministry of Defense of
the Russian Federation, Nadeina O. V., k.p.s., Zhilkina T.Yu., FSBI
«MSHC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation**
Ways of the efficient using digital technology and artificial intelligence in the
field of lazer, optical and optoelectronic technology 25

Measurements of the angular values

**Iskenderzade E.B., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Akhmedova Sh.V., Senior Researcher National Aerospace Agency,
Baku, Azerbaijan Republic**
Analysis of angular contact errors of the probe with the product in
coordinate measuring machines 30

Standards of the frequency and time

**Vasilev A.V., Okishev D.A., Candidate of Technical Sciences, FSBI
«MSHC» of Russia Federation Ministry of Defense**
Development of methodology for selecting a reference frequency
standards based on the results of analysis of the characteristics of the
secondary standard of time and frequency 33

List scientific publication in 2023 36

**НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОТНЕСЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТЬ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА (ОББГ) И ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА (ГОЗ) К СФЕРЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ (СГР) ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (ОЕИ)
NORMATIVE LEGAL BASES OF THE REFERRING THE MEASUREMENTS IN AREA OF THE DEFENCE AND SAFETY STATE (DSS) AND WHEN PERFORMING THE STATE DEFENSE ORDER (SDO) TO SPHERE OF THE GOVERNMENT REGULATION (SGR) OF THE PROVISION UNITY MEASUREMENTS (PUM)**

*Храменков В.Н., д.т.н, профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
Щеглов В.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Khramenkov V.N., d.t.s., FSBI «MSHC» of Russian Federation Ministry of Defense
Shcheglov V.A., FSBI «MSHC» of Russia Federation
Ministry of Defense
E-mail: 32gnii@mil.ru, tel.+7 (495) 586-23-88*

Аннотация: проведен анализ нормативных правовых актов, устанавливающих обязательные метрологические требования к оборонной продукции. Определена сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений, которая распространяется на измерения параметров, выполняемых в области обороны и безопасности государства и при выполнении государственного оборонного заказа.

The Abstract: is organized analysis of the normative legal acts, installing obligatory metrological requirements to defense product. The Certain sphere of the government regulation of the provision unity measurements, which spreads on measurements parameter, executed in the field of the defence and safety state and when performing the state defense order.

Ключевые слова: измерения, обязательные метрологические требования, сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений, нормативные правовые акты, перечень измерений, область обороны и безопасности государства.

The Keywords: measurements, obligatory metrological requirements, sphere of the government regulation of the provision unity measurements, normative legal acts, list of the measurements, area of the defence and safety state.

Основные положения отнесения измерений параметров изделий оборонной продукции и связанных с нею процессов проектирования (включая испытания), производства, эксплуатации и других процессов к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений установлены законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений.

Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, к которым в целях обороны и безопасности государства установлены обязательные метрологические требования и которые выполняются в области обороны и безопасности государства и государственного оборонного заказа [1].

В том случае, когда к измерением определенной номенклатуры параметров конкретного вида и типа оборонной продукции, ее составных частей и связанных с нею процессов (производства, испытаний, эксплуатации и др.) установлены обязательные метрологические требования, в том числе показатели точности измерений, то такие измерения для данного вида (типа) оборонной продукции и по совокупности для сферы обороны и безопасности и выполнения государствен-

ного оборонного заказа должны относиться к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Частью 5 статьи 5 ФЗ № 102-ФЗ в период 2005–2023 годов предусматривались разные формы отнесения измерений к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Так, например, предлагалось установление обязательных метрологических требований к измерениям только их Перечнями, содержащими номенклатуру измеряемых параметров и обязательные метрологические требования (количественные значения) к измерениям каждого параметра, для всех видов деятельности (включая область обороны), приведенных в части 3 статьи 1 закона. В Федеральном законе от 27.10.2020 г. № 348-ФЗ были внесены изменения в Федеральный закон № 102-ФЗ для федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих нормативно-правовое регулирование в области обороны и безопасности государства, в которых вместо «разработки Перечней» было установлено «определение измерений по согласованию с Минпромторгом России», относящихся к сфере государственного регулирования, что и было реализовано постановлением Правительства Российской Федерации от

02.10.2009 года № 780 [2] (в редакции постановления Правительства от 30.11.2022 года № 2174). В связи с этим во втором абзаце пункта 7 Положения в соответствии с частью 3 статьи 1 Федерального закона № 102-ФЗ было определено, что «установленные обязательные метрологические требования к измерениям, в том числе показатели точности измерений, в соответствии с законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений определяют измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства и выполнении государственного заказа.

При этом определение измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, для социально-значимой сферы было сохранено на основе Перечня измерений в соответствии с постановлением Правительства.

В проекте Федерального закона «О внесении изменений в часть 5 статьи 5 ФЗ № 102-ФЗ», который в настоящее время находится в Государственной Думе, определено, что «обязательные метрологические требования к измерениям, выполняемым в области обороны и безопасности государства, по согласованию с Минпромторгом России устанавливаются федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими нормативное правовое регулирование в этой области», чем определяется их отнесение к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Положение, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации № 780 (в редакции постановления от 30.11.2022 года № 2174), согласовано с Минпромторгом России, и в нем не предусматривается согласование обязательных метрологических требований с ним в области обороны и безопасности государства. По этой же причине не требуется согласовывать с Минпромторгом и установление обязательных метрологических требований к измерениям параметров вооружения и военной техники, так как порядок их установления соответствует законодательству Российской Федерации и с Минпромторгом согласован, а количественные значения указанных требований к ряду параметрам перспективных комплексов, систем и образцов вооружения и военной техники Минпромторг России (Департамент государственной политики в области технического регулирования и обеспечения

единства измерений) рассматривать и согласовывать не уполномочен и не компетентен. Такое согласование может привести к срыву выполнения государственного оборонного заказа и несет большие риски нарушения законодательства Российской Федерации о государственной тайне.

В [3] приведена структурная схема установления обязательных требований к оборонной продукции и процессам, включая обязательные метрологические требования к измерениям их параметров и обеспечению единства измерений в области обороны и безопасности и выполнения государственного оборонного заказа, и отнесения измерений параметров оборонной продукции и процессов к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

В левой части структурной схемы приведены нормативные правовые основы (федеральные законы, указы Президента РФ, постановления Правительства РФ), в которых установлены обязательные метрологические требования к измерениям параметров и процессов. В правой части приведены нормативные правовые основы отнесения измерений параметров оборонной продукции, других видов продукции военного назначения и процессов к сфере государственного регулирования.

Таким образом, часть 3 статьи 1 Федерального закона № 102-ФЗ и разработанный на ее основе пункт 7 Положения, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 02.10.2009 года № 780 (в редакции постановления № 2174) однозначно определяют отнесение измерений, к которым установлены обязательные метрологические требования и которые выполняются в области обороны и безопасности государства, к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Литература:

1. Федеральный закон РФ от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
2. Постановление Правительства РФ от 02.10.2009 № 780 «Об особенностях обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности Российской Федерации».
3. О содержании понятия «метрологического обеспечения», месте и роли метрологического обеспечения в современной деятельности / Мамлеев Т.Ф., Храменков В.Н., Щеглов В.А. // Законодательная и прикладная метрология, №5, 2022 г., М.

О МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ САМОКОНТРОЛЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ABOUT METROLOGICAL SELF-CHECKING OF MEASURING SYSTEMS

Супрунюк В.В., д.т.н., ведущий научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Кувькин Ю.А., к.т.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Шедрин А.Ю., младший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Горбачев А.А., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Suprunyuk V.V., d.t.s., leading researcher, FSBI «MSHC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region), Kuvykin Yu.A., c.t.s., senior researcher, FSBI «MSHC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region), Shchedrin A.Yu., junior researcher, FSBI «MSHC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region) Gorbachev A.A., senior researcher, FSBI «MSHC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region)
e-mail: 3260vvs@mail.ru, original.rus@mail.ru, nemoalex4@list.ru, 5839949@mail.ru
tel. 8(916)040-79-04, 8(977)268-75-98, 8(961)030-56-53, 8(965)346-86-27

Обобщены сведения об известных методах метрологического самоконтроля измерительных систем. Рассмотрены некоторые аспекты их применимости в эксплуатируемых измерительных системах. Обоснованы предложения по усовершенствованию рассмотренных методов на основе цифрового представления измерительной информации.

Information about the known methods of metrological self-control of measuring systems is summarized. Some aspects of their applicability in operating measuring systems are considered. Substantiated proposals for improving the considered methods on the basis of digital representation of measurement information.

Ключевые слова: измерительная система, метод метрологического самоконтроля, цифровое представление измерительной информации

Keywords: measuring system, method of metrological self-control, digital representation of measuring information

Введение

Предметом исследований стали методы метрологического самоконтроля, применяемые для эксплуатируемых измерительных систем. В исследовании ставилась задача определить пути совершенствования этих методов.

Этапами исследований стали обобщение сведений по рассматриваемой теме, их анализ и обоснование предложений по усовершенствованию известных подходов к метрологическому самоконтролю измерительных систем.

С учетом этого целями настоящего исследования являются:

1. Обобщение сведений об известных методах самоконтроля измерительных систем.
2. Вопросы применимости методов метрологического самоконтроля измерительных систем в практике.
3. Обоснование предложений по усовершенствованию методов метрологического самоконтроля измерительных систем на основе цифрового представления измерительной информации.

Обобщение сведений об известных методах метрологического самоконтроля измерительных систем

Под измерительной системой подразумевают совокупность первичных источников измерительной информации (первичных измерительных преобразователей), связующих (вторичных преобразователей) измерительной информации, коммутаторов, распределительных устройств, соединительных ли-

ний), вычислительных (электронных вычислителей и хранителей информации) компонентов, образующих измерительные каналы измерительных систем и функционирующих как единое целое [1].

Измерительные системы предназначены для получения информации о состоянии объекта посредством первичных источников измерительной информации, ее преобразования, обработки, регистрации и отображения для принятия решений.

Для оценки метрологических характеристик измерительных систем, как правило, имеющих не подлежащую демонтажу распределенную структуру размещения элементов этих систем на объекте эксплуатации, наиболее актуальна задача обеспечения метрологического самоконтроля эксплуатируемых измерительных систем.

Основной целью метрологического самоконтроля является снижение вероятности получения недостоверной измерительной информации в период эксплуатации измерительных систем, обуславливающей выход их метрологических характеристик за допустимые пределы.

Метрологический самоконтроль обеспечивает оценку метрологических характеристик измерительных систем, тем самым определяет уровень их метрологической исправности.

В общем понимании метрологический самоконтроль рассматривают как один из режимов работы измерительных систем и представляют как тестовый режим [2].

характеристика ЦАП кроме времени установления характеризует динамические параметры ЦАП – величину выброса выходного сигнала, степень демпфирования, частоту процесса установления и т. д. При определении характеристик конкретного ЦАП данная характеристика снимается при смене кода с нулевого значения на код, равный половине его максимального значения. При нулевом входном коде – аддитивная составляющая погрешности ЦАП, при смене кода – погрешность коэффициента преобразования (мультипликативная), связанная с отклонением наклона функции преобразования от требуемого. Нелинейность ЦАП – отклонение действительной функции преобразования от прямой линии. Главным требованием к ЦАП с этой точки зрения достоверности является обязательность монотонности переходной характеристики, определяющая однозначность соответствия выходного и входного сигнала преобразователя. Формально требование монотонности заключается в постоянстве на всем рабочем участке характеристики знака производной.

На основании рассмотрения погрешностей АЦП и ЦАП выражение (3) можно представить как:

$$\delta(x) = \Sigma(\Sigma\Delta_{\text{ацп}}, \Sigma\Delta_{\text{цап}}, \Delta_i), \quad (4)$$

где $\Sigma\Delta_{\text{ацп}}$ – суммарная погрешность АЦП, составляющими которой являются ошибки смещения и отклонения переходной характеристики АЦП от идеальной, ее нелинейность; $\Sigma\Delta_{\text{цап}}$ – суммарная погрешность ЦАП, составляющими которой являются ошибки времени установления требуемого значения выходного сигнала с учетом величины его выброса, демпфирования, частоты процесса установления и коэффициента преобразования и отклонения от идеальной, ошибки от нелинейности переходной характеристики ЦАП.

Целесообразно в каждом конкретном подборе устройств преобразования и хранения цифровой информации погрешности в выражении (4) перевести относительно потерь информации, т. е. к потере (ошибке) количества информации и привести в относительную форму, выраженную в процентах. Это необходимо использовать для сравнения допустимых значений погрешностей, установленных для поверки измерительных систем, при реализации в них методов метрологического самоконтроля. При этом реализация методов метрологического самоконтроля должна проводиться на основе представления мер (опорных сигналов) в цифровой форме их выражения. Тогда при соблюдении неравенства

$\delta(x)/2 < \delta^*(x)$ ($\delta^*(x)$ – допускаемая суммарная погрешность измерительной системы с метрологическим самоконтролем с достаточной долей вероятности можно считать метрологический самоконтроль достоверным.

Таким образом, в результате проведенных исследований обобщены сведения об известных методах метрологического самоконтроля измерительных систем. Рассмотрены некоторые аспекты их применимости в эксплуатируемых измерительных системах. Обоснованы предложения по усовершенствованию рассмотренных методов на основе цифрового представления измерительной информации.

Дальнейшим направлением исследований является практическое использование цифровой информации для реализации метрологического самоконтроля измерительных систем в процессе их эксплуатации.

Литература:

1. ГОСТ Р 8.596 -2002 «ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Общие положения».
2. ГОСТ Р 8.734 – 2011 «ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля».
3. Способы оценки метрологических характеристик пьезоэлектрических измерительных преобразователей механических колебаний без демонтажа с объектов эксплуатации / Ю.А. Кувыкин, В.В. Супрунюк, А.Г. Максак, А.А. Горбачев // Измерения и испытания в судостроении и смежных отраслях. Материалы восьмой Всероссийской научно-технической конференции «Судометрика 2022» 25–27 октября 2022 г. СПб. – С. 42–48.
4. Особенности поверки измерительных систем объектов вооружения и военной техники Военно-Морского Флота / А.Г. Максак, А.А. Горбачев, В.В. Супрунюк, Ю.А. Кувыкин // Измерения и испытания в судостроении и смежных отраслях. Материалы восьмой Всероссийской научно-технической конференции «Судометрика 2022» 25–27 октября 2022 г. СПб. – С. 15–16.
5. Приказ Росстандарта № 1707 от 18.08.2023 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных, ГЭТ 200–2023 (ФГУП «ВНИИФТРИ»)».
6. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации // Москва, Высшая школа/1989. – С. 326.

**УСТАНОВЛЕНИЕ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ
К СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ
DETERMINATION OF THE OBLIGATORY METROLOGICAL REQUIREMENTS
TO SYSTEM OF MANAGEMENT QUALITY TO ORGANIZATIONS**

Филатов И.Н., д.т.н., доцент, «АНО» Центр научных исследований, аккредитации и обучения «Квалитет»
Храменков А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Filatov I.N., d.t.n., professor, «ANO» Centre of the scientific studies, accreditations and education «Kvalitet»
Khramenkov A.V., Candidate of Technical Sciences, FSBI «MSHC» of Russian Federation Ministry of Defense
e-mail: Khramenkov@gmail.com,
tel. +7 (915) 033-71-17

Аннотация: в статье рассмотрены порядок и правила установления номенклатуры и содержания обязательных метрологических требований к системе менеджмента качества организации, разрабатывающей оборонную продукцию. Сформулированы обязательные метрологические требования к разрабатываемой оборонной продукции в части требований к измерениям, средствам измерений и обеспечению единства измерений.

The Abstract: in article are considered order and rules of the determination of the nomenclature and contentses of the obligatory metrological requirements to system of management quality to organizations, developping defense product. The obligatory metrological requirements are Worded to under development defense product in a part of the requirements to measurements, facility of the measurements and provision unity measurements.

Ключевые слова: обязательные метрологические требования, система менеджмента качества, измерения, средства измерений, оценка соответствия, сфера государственного регулирования, обеспечение единства измерений

Keywords: obligatory metrological requirements, system of management quality, measurements, facility of the measurements, estimation of the correspondence to, sphere of the government regulation, provision unity measurements

Обязательные метрологические требования согласно [1] устанавливаются нормативными правовыми актами Российской Федерации (РФ) к измерениям, средствам измерений и обеспечению единства измерений.

Система менеджмента качества организации включает совокупность бизнес-процессов, направленных на последовательное удовлетворение требований клиентов организации и повышение их удовлетворенности. Для этого, указанная совокупность бизнес-процессов, должна соответствовать цели организации и стратегическому направлению ее деятельности. Система менеджмента качества выражается в виде организационных целей и устремлений, политики, процессов, документированной информации и ресурсов, необходимых для реализации системы менеджмента качества и поддержания ее в требуемом состоянии.

Целью создания, поддержания и совершенствования системы менеджмента качества организации является выполнение требований технических заданий, технических условий, условий контракта заказчика оборонной продукции и услуг, требований нормативных правовых актов государства, документов по стандартизации оборонной продукции и других документов, регламентирующих выполнение работ и создание продукции. Система менеджмента качества должна обеспечивать стабильность качества создаваемой оборонной продукции и технологических процессов, используемых организацией.

Система менеджмента качества предоставляет руководству организации средства оценки соответствия и управления для идентификации действий в отношении преднамеренных и непреднамеренных последствий в предоставлении заказчикам создаваемых организаци-

ей продукции и услуг. Поддержка руководством организации системы менеджмента качества позволяет:

- обеспечивать достаточное количество человеческих и других ресурсов для выполнения оценки соответствия создаваемых организацией продукции и услуг и управления их качеством;
- проводить мониторинг состояния процессов создания организацией оборонной продукции и услуг и результатов ее деятельности;
- определять и оценивать риски при создании оборонной продукции и оказания услуг, а также возможности организации, разрабатывающей оборонную продукцию;
- предпринимать соответствующие действия для ликвидации последствий, вызванных рисками при создании оборонной продукции.

Система менеджмента качества организации предназначена для выполнения определенных действий, используя которые она реализует свои цели и определяет процессы и ресурсы, требуемые для достижения желаемых для организации результатов. Для этого проводится оценка соответствия [2] взаимодействующих процессов и ресурсов организации, требуемыми для обеспечения соответствия и реализации полученных результатов, заинтересованными сторонами. Оценка соответствия оборонной продукции, разрабатываемой организацией, используемых ее ресурсов и процессов, направленных на реализацию целей организации, обеспечивает ей оптимальное использование ресурсов и процессов при создании оборонной продукции требуемого качества.

Согласно [3] оценка соответствия оборонной продукции (работ, услуг), процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, на-

стимые пределы изменения, влияющих на точность измерений параметров оборонной продукции;

- требования к составным частям и программному обеспечению средств измерений, влияющим на их метрологические характеристики.

Метрологическая совместимость выбираемых (разрабатываемых) средств измерений с разрабатываемой оборонной продукцией, должна обеспечиваться выполнением требований к прослеживаемости результатов измерений и средств измерений к военным эталонам единиц величин и (или) государственным первичным эталонам единиц величин. Под прослеживаемостью, в общем случае, понимается свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений [1]. Наличие прослеживаемости результатов измерений и средств измерений к государственным первичным эталонам (военным эталонам) единиц величин по каждому измеряемому параметру оборонной продукции должно подтверждаться результатами обязательной метрологической экспертизы и метрологической экспертизы, проводимых на стадии ее разработки.

К стандартным образцам должны устанавливаться обязательные метрологические требования, определяемые их назначением, в том числе в составе:

- средств измерений, измеряющих параметры окружающей среды в замкнутых объемах разрабатываемой оборонной продукции с изолированной средой обитания;

- в качестве эталонов состава и свойств веществ и материалов для обеспечения прослеживаемости измерений и средств измерений состава и свойств веществ и материалов к соответствующим государственным первичным эталонам единиц величин или первичным референтным методикам измерений.

Обязательные метрологические требования к обеспечению единства измерений, точности и достоверности результатов измерений параметров при разработке и эксплуатации оборонной продукции заключаются в обеспечении прослеживаемости результатов измерений и средств измерений по каждому ее измеряемому параметру.

Методики измерений параметров разрабатываемой оборонной продукции, не относящиеся к методикам, предназначенным для выполнения прямых измерений, должны выбираться из числа стандартизованных или разрабатываться организацией – исполнителем, организациями по их заказу, и по своему построению и содержанию соответствовать требованиям [5].

При разработке методик измерений должны обосновываться и устанавливаться метрологические требования к:

- методам измерений;

- динамическим, частотным диапазонам и диапазонам значений других неинформативных параметров, влияющим на точность измерений (при необходимости);

- диапазонам скоростей изменения измеряемых параметров в системах управления ;

- показателям точности измерений и их количественным значениям;

- средствам измерений военного назначения, стандартным образцам и измерительным системам (измерительным каналам);

- условиям выполнения измерений, влияющим на точность измерений;

- квалификации специалистов, выполняющих измерения;

- программному обеспечению измерений.

Работы по аттестации методик измерений должны быть завершены до начала предварительных испытаний оборонной продукции.

Средства измерений и стандартные образцы, которыми комплектуется оборонная продукция, а также используемые в методиках измерений, должны пройти испытания в целях утверждения типа и иметь утвержденный тип в соответствии с порядком, установленным документом [6].

Организация и порядок проведения обязательной метрологической экспертизы оборонной продукции должны соответствовать порядку, установленному документом [4].

Литература:

1. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2. Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

3. Положение об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг), поставляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 11 октября 2012 г. № 1036).

4. Постановление Правительства РФ «Об особенностях обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности Российской Федерации от 2 октября 2009 г. № 780, в ред. постановлений Правительства РФ от 03.06.2017 г. № 677, от 30.11.2022 г. № 2114».

5. Приказ Минпромторга России от 15.12.2015 г. № 4091 «Об утверждении порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения».

6. Приказ Минпромторга России от 31.07. 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПОЛУЧАЕМОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВИЗИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ
HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR EVALUATION AND ANALYSIS OF THE RECEIVED RADAR INFORMATION IN THE CONDITIONS OF SPECTRAL CHANGES IN THE PHYSICAL PROCESSOR OF OBJECT SIGHTING

*Дворов А.Н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
Иванов А.А., к.т.н., филиал ФГБУ НИИР-ЛОНИИР,
Семёнов А.А., к.т.н., ВКА им. А.Ф. Можайского*

*Dvorov A.N., Federal State Budgetary Institution «Metrology Scientific Head Center» Russian Federation Ministry of Defense,
Ivanov A.A. k.t.s, branch Federal State Budgetary Institution «NIIR-LONIIR»,
Semyonov A.A., k.t.s, Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky
e-mail: an.dvorov@mail.ru; ivanov_aa@loniir.ru; semenov.aleksandr@mail.ru;
тел.: 8(917)52-92-918; 8(951)75-99-999; +7(981)72-26-094*

Методика получения значений сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового стенда, при наличии активной помехи, позволяет провести полунатурное моделирование и формирование массива данных при различных эпизодах эмпирического процесса. Обработка радиолокационной информации формирует корреляционные зависимости, которые отражают закономерность и формирует видение связей физических процессов в сложившихся внешних условиях, что непосредственно вызывает интерес дальнейшего вклада в моделировании радиолокационных систем.

Основываясь на результатах исследований, и продолжая научные изыскания, которые непосредственно связаны с реальными измерениями, в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, сохраняется вектор развития научного вклада по оценке влияния активных помех и шумов на алгоритмы работы, с возможностью моделирования процессов функционирования реальных радиолокационных систем, используя в том числе данные, одними из которых могут быть получены от ультразвукового локационного стенда.

The technique of obtaining signal-to-noise values at the output of the synthesized antenna array of the ultrasonic stand, in the presence of active interference, allows for semi-natural modeling and the formation of a data array at various episodes of the empirical process. The processing of radar information forms correlations that reflect the regularity and form a vision of the connections of physical processes in the prevailing external conditions, which directly arouses the interest of further butt in modeling radar systems.

Based on the results of research, and continuing scientific research that is directly related to real measurements, at the Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky, the vector of development of the scientific butt is maintained to assess the impact of active interference and noise on the algorithms of operation, with the possibility of modeling the processes of functioning of real radar systems, including using data, one of the which can be obtained from an ultrasonic location stand.

Ключевые слова: моделирование, активная помеха, радиолокационные системы

Keywords: simulation, active interference, radar systems

Введение

Новые технические реализации в современных радиолокационных станциях (РЛС) основываются на длительном, и конечно пошаговом, при формировании аппаратных и алгоритмических решений, процессе, который в идеальных условиях должен решить ряд задач, начиная от выбора принципов построения, проектирования, создания опытного образца и кончая натурными испытаниями, позволяющими определить характеристики станции и оценить эффективность ее применения в различных условиях.

Современный подход позволяет цифровым способом смоделировать работы РЛС, как в целом, так и отдельных ее элементов, но роль натурных испытаний неоспорима, так как именно при этом полностью или частично выявляются особенности взаимодействия испытываемого объекта с окружающей средой, определяются эксплуатационные характеристики, а в отдельных случаях устанавливаются новые физические явления, приводящие к их существенным доработкам [1,2].

Как альтернативой натурных исследований РЛС в узкой технической составляющей, можно использовать

возможности ультразвукового локационного стенда (УЛС) [3], разработанного в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского [4].

Результаты, представленные в статье, дополняют уже опубликованные решения и являются продолжением исследований, что позволяет провести некоторую оценку и получить корреляционные зависимости в данном направлении.

Результаты и решения

Процесс моделирования радиолокационной системы, в общем случае, подразумевает реализацию широкого спектра задач в обобщенном алгоритме, который может содержать данные аппаратных и программных частных моделируемых физических процессов. В приведенном случае, используется набор последовательных измерений параметров объектов, который связывает обнаружения с заданной входной информацией внешнего воздействия.

Рассматриваемое техническое решение помогает отобразить корреляционные зависимости с помощью аппаратно-программный комплекса [4]. Логическим дальнейшим шагом развития направления примене-

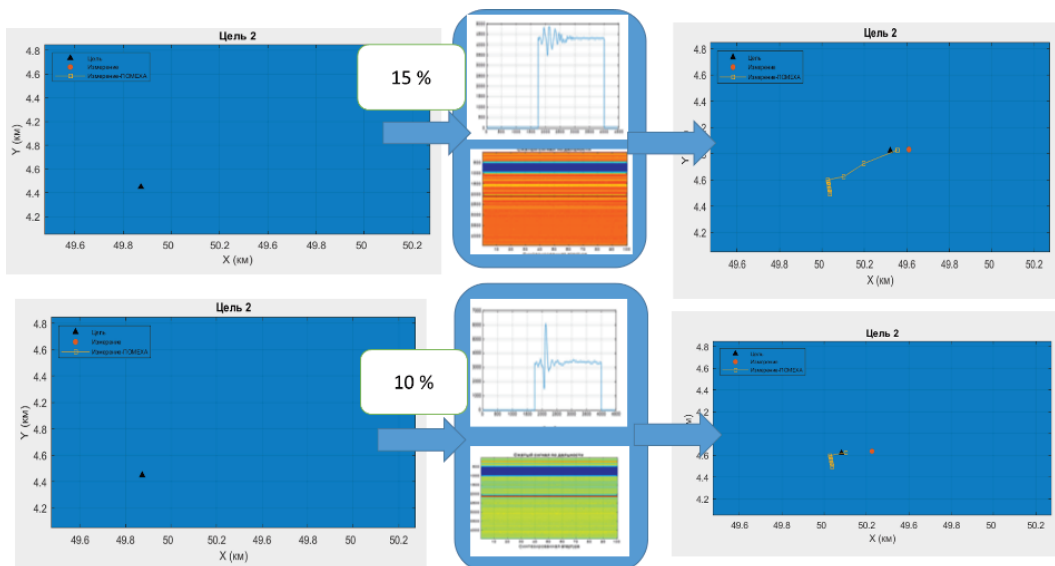


Рисунок 7 – функционирование программного комплекса объектов при наличии помехи

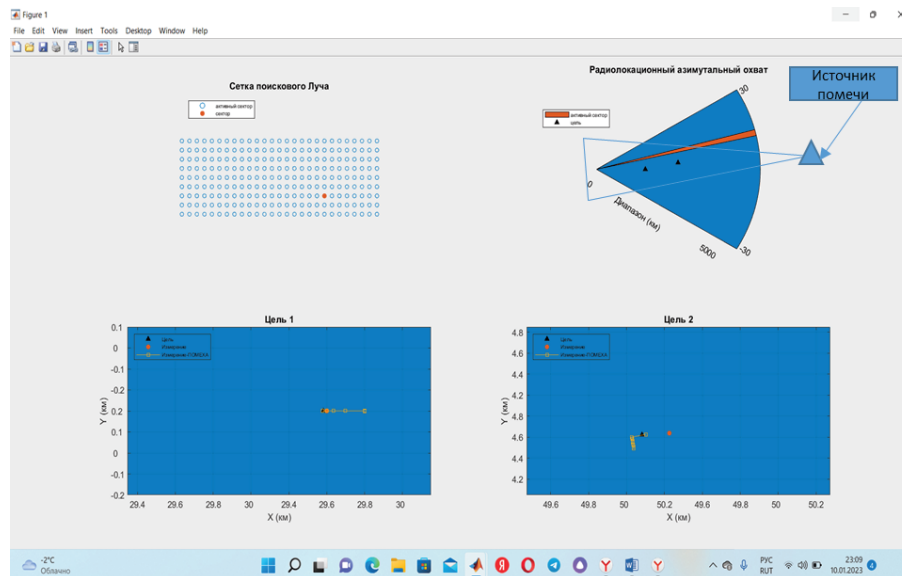


Рисунок 8 – функционирование программного комплекса объектов при наличии помехи

Литература:

1. Козлов А.В., Косынкин А.И., Мороз А.В., Сахно И.В., Пименов В.Ф. Технология и результаты полунатурного моделирования в условиях ультразвукового полигона системы цифровой обработки траекторного сигнала РЛС ОЗП, использующей различные типы сложных широкополосных зондирующих сигналов // «Труды XXX Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред». СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2017, выпуск № 11, т. 2. С. 51 – 63.
2. Звонарев В.В., Мороз А.В., Шерстюк А.В. Методика оценивания характеристик диаграммы направленности ультразвукового локалятора в режиме синтеза апертуры антенны // «Труды Московского авиа-

- ционного института». М.: МАИ, 2019, выпуск № 106. С. 33–45.
3. Макаренков В.В., Мороз А.В., Сахно И.В., Семёнов А.А., Дворов А.Н. Методика формирования диаграммы направленности и расчета отношения сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового локационного стенда в условиях помехового воздействия // «Вестник метролога». Менделеево: ВНИИФТРИ, 2021, выпуск № 3. С. 28 – 33.
4. Семёнов А.А., Дворов А.Н., Методика получения значений сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового стенда при активной помехи // «Вестник метролога». Менделеево: ВНИИФТРИ, 2022, выпуск № 4. С. 7 – 11.

РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ РАССЕЯНИЯ
DETERMINATION OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MEASURING INSTRUMENTS OF GEOMETRIC LEVELING AT THE PLACES OF THEIR OPERATION

*Михайлов Д.Б., Медведев И.Н., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ»
 Минобороны России*

Mikhaylov D.B., Medvedev I.N., k.t.s., FSBI «MSHC» of Russia Federation Ministry of Defense

E-mail: nmetrolog@yandex.ru,

tel. +7 985 681 23 01; +7 926 128 48 00

Аннотация: представлены результаты аналитического расчета и математического моделирования радиолокационных отражателей, применяемых для измерений эффективной площади рассеяния на радиолокационных измерительных комплексах.

Abstract: The results of analytical calculation and electrodynamic modeling of radar reflectors used to measure the effective scattering area on radar measuring complexes are presented.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, радиолокационный измерительный комплекс, эффективная площадь рассеяния

Keywords: metrological characteristics, standard, radar cross selection

Радиолокационные измерительные комплексы (далее – РИК) представляют собой уникальные, технически сложные средства измерений, предназначенные для измерений радиолокационных характеристик (далее – РЛХ) объектов, а также средств снижения их радиолокационной заметности. Основной РЛХ объектов, описывающей способность объекта рассеивать падающую на него электромагнитную волну, является эффективная площадь рассеяния (далее – ЭПР).

Как правило, в РИК используется относительный метод измерений (метод замещения). Он основан на сравнении плотностей потока энергии, отраженных от объекта измерений и калибровочных отражателей (далее – КО) (сферы, цилиндры, уголкового отражатели), ЭПР которых рассчитана аналитически по известным геометрическим размерам и характеристикам материала, из которого они изготовлены. Аналитические выражения для расчета ЭПР простых тел давно известны [1], достаточно изучены и широко применяются на практике. В этом случае погрешность ЭПР КО зависит от отклонений их линейных размеров от номинальных значений, шероховатости поверхности, проводящих свойств материала и других факторов.

Рассеивающие свойства радиолокационных отражателей качественно и количественно отличаются в зависимости от соотношения размеров отражателя и длины волны электромагнитного поля, связанного с параметром:

$$ka = \frac{2\pi a}{\lambda} = \frac{\omega a}{c}, \quad (1)$$

где a – геометрический размер отражателя, $ka = \frac{2\pi a}{\lambda}$ – волновое число, ω – частота.

По этой причине при определении частотных свойств объектов различают три области:

– низкочастотную, или рэлеевскую, где размеры тела малы по сравнению с длиной волны ($a \ll \lambda$, $ka \ll 1$);

– резонансную, в которой размеры тела сопоставимы с длиной волны;

– высокочастотную, где размеры тела велики по сравнению с длиной волны ($a \gg \lambda$, $ka \gg 1$).

Так как соблюдать соотношение длины волны излучения и геометрических размеров мер ЭПР более 5–10 сложно ввиду больших размеров мер, измерения и калибровку приходится осуществлять и в резонансной области. При этом в [2] показано, что такие измерения приводят к наибольшим погрешностям измерений, обусловленными мерами ЭПР, которая достигает 1,0–1,5 дБ.

Проведенные исследования показали, что для передачи единицы ЭПР от КВЭ РИК в широком частотном и динамическом диапазонах наиболее целесообразно применять набор мер в виде сфер, цилиндров и уголкового отражателей. При этом передача единицы ЭПР с помощью уголкового отражателя в резонансной области имеет ряд особенностей. Во-первых, как было показано в [3], уголкового отражатель имеет собственную поляризационную характеристику, которая должна учитываться при калибровке ортогональных каналов РИК. Во-вторых, значения ЭПР, рассчитанные аналитически, отличаются от действительных. То есть для уменьшения погрешности, обусловленной мерой ЭПР, необходимо учитывать разность между рассчитанным и действительным значением ЭПР.

Современный этап исследований радиолокационных систем невозможен без использования но-

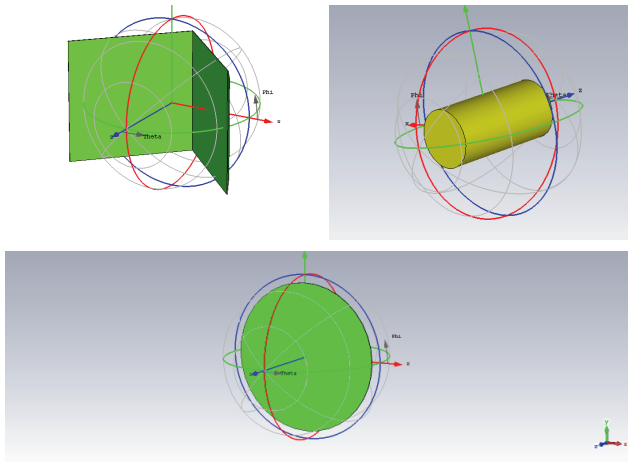


Рисунок 1 – модель ДУО (слева), цилиндра (справа) и диска (снизу)

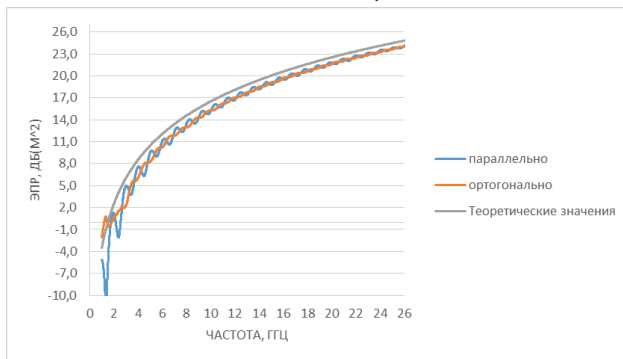


Рисунок 2 – Расчетные значения и результаты математического моделирования ДУО

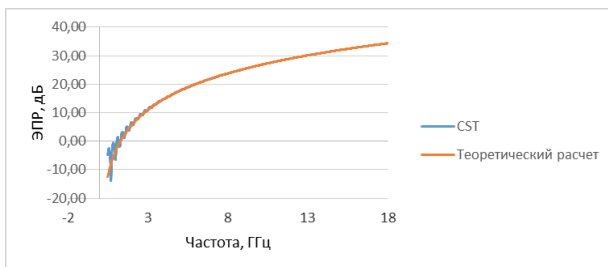


Рисунок 3 – Расчетные значения и результаты математического моделирования цилиндра

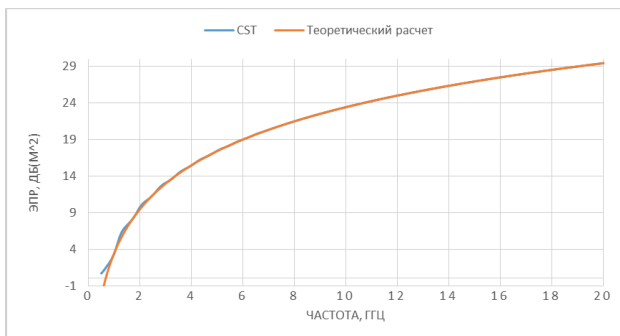


Рисунок 4 – Расчетные значения и результаты математического моделирования диска

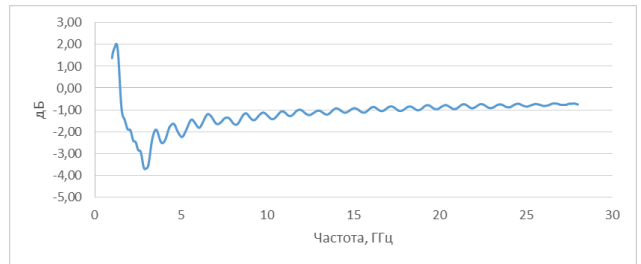


Рисунок 5 – Разность результатов математического моделирования и расчетными значениями ДУО

Таким образом, для уменьшения погрешности измерений ЭПР на РИК, обусловленной мерами ЭПР, необходимо учитывать не только их геометрические размеры, но и математические модели. Такой учет в перспективе позволит уменьшить данную составляющую с 1,0 дБ до 0,8 дБ и менее.

Литература:

1. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Сколника. Том 1. Основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1976.
2. В.О. Кобак. Радиолокационные отражатели / В.О. Кобак. – М.: Советское радио, 1975. – 348 с.
3. Медведев И.Н. Влияние погрешности измерений ЭПР объектов ВВТ на эффективность применения средств радиолокации. Электронный сборник примеров влияния метрологических характеристик. – г. Мытищи, МО–20201.
4. Weiland, T.: Метод дискретизации для решения уравнений Максвелла для шестикомпонентных полей: Electronics and Communication, (AEÜ), Vol. 31, стр. 116–120, 1977.
5. Медведев И.Н., Нефедов М.В. Современное состояние метрологического обеспечения радиолокационных измерительных комплексов // Сборник трудов V Всероссийской военно-научной конференции «Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере», том 1 / р. п. Менделеево, МО, 19–21.06.2018 – С. 190–191.
6. А.В. Титаренко. Применение экстраполяционного метода при калибровке мер ЭПР // «Антенны», 2009 № 12.
7. И.Н. Медведев. Метод уменьшения погрешности измерений эффективной площади рассеяния // Вестник метролога. Выпуск 3/2022. – Мытищи, 2022. – 11–14 с.

**АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ РАБОЧИХ ЭТАЛОНОВ ЕДИНИЦЫ
ИЗБЫТОЧНОГО СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ
THE ANALYSIS OF THE COMPONENTS OF THE ERROR OF THE SECONDARY STANDARD
OF THE UNIT OF OVERPRESSURE**

Талалай А.В., Научно-технический комитет (Метрологической службы Вооруженных Сил Российской Федерации), Григорьев А.С., Талалай И.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Talalay A.V., Scientific and Technical Committee (Metrological service of the Armed Forces of the Russia), Grigorev A.S., Talalay I.A., FSBI «MShC» of Russia Ministry of Defense (Mytishchi, Moscow Region)
E-mail: antontalalay82@mail.ru; grigorev-sanek@mail.ru; irina.talalai@yandex.ru
Тел. +7(926)365-15-28, +7(968)081-36-60; +7(926)142-59-96

В статье рассмотрены результаты анализа составляющих погрешности рабочих эталонов единицы избыточного статического давления, сформулированы предложения по их уменьшению.

The article considers the results of the analysis of the components of the error of the secondary standard of the unit of overpressure, formulated proposals for their reduction.

Ключевые слова: избыточное статическое давление, грузопоршневые манометры, неисключенная систематическая погрешность.

Key words: excessive static pressure, cargo piston pressure gauges, non-excluded systematic error.

В связи с ростом количества высокоточных средств измерений избыточного статического давления и развития соответствующей эталонной базы Российской Федерации в сторону улучшения точностных характеристик, в период с 2018 по 2022 год была переработана, утверждена и введена в действие с 1 ноября 2022 г. принципиально новая государственная поверочная схема [1] (в части государственного первичного эталона единицы давления – паскаля ГЭТ-23–2010, далее – ГЭТ 23–2010), в которой изменен подход к соотношению пределов основных допускаемых погрешностей эталона и поверяемого средства измерений. Одновременно были введены новые более высокие классы точности средств измерений избыточного статического давления.

В целях метрологического обеспечения новых высокоточных средств измерений избыточного статического давления возникла необходимость поиска возможных путей уменьшения суммарной погрешности воспроизведения и передачи единицы избыточного статического давления рабочими эталонами указанной единицы величины – грузопоршневыми манометрами (далее – ГМП).

В статье рассмотрены результаты анализа составляющих погрешности рабочих эталонов единицы избыточного статического давления на примере ГМП в диапазоне измерений малых и средних давлений от $4 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^7$ Па (три ГПМ с верхними пределами измерений (далее – ВПИ) 0,6; 6 и 60 МПа), класса точности 0,005 из состава вторичного эталона, и имеющихся данных о результатах их поверок по ГЭТ 23–2010 за интервал времени с 2012 по 2020 год.

Поскольку при воспроизведении единицы избыточного статического давления основной составляющей является значение эффективной площади поршня измерительной поршневой системы ГПМ,

A_0 , далее – ИПС, а при передаче единицы указанной величины фактически определяется значение соответствующей меры – меры эффективной площади поверяемой ИПС, имеющей номинальное значение [1, 2], в первую очередь необходимо провести анализ изменений значений среднего квадратического отклонения (далее – СКО) результатов измерений (определения значения эффективной площади ИПС), при передаче единицы величины от ГЭТ 23–2010. Указанное значение СКО, наряду со скоростью опускания поршня ИПС, по сути являются индикаторами исправного состояния ГПМ.

Для определения стабильности СКО определения значений эффективной площади исследуемых ГПМ, на основании имеющихся данных о результатах поверок, методом экстраполяции выполнено прогнозирование их изменений (минимальное значение коэффициента достоверности аппроксимации составило $R^2 = 0,7734$). Результаты прогнозирования представлены на рисунках 1–3. Из представленных графиков следует, что указанные значения СКО находятся на низком уровне и в дальнейшем не превысят допускаемых значений.

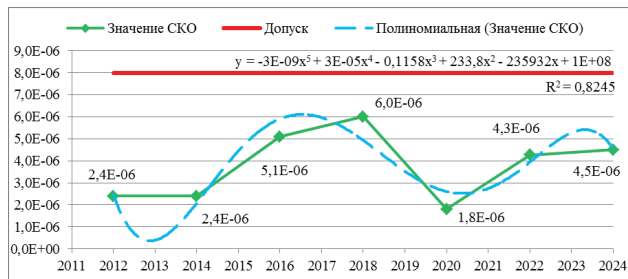


Рисунок 1 – Результат прогнозирования изменений значений СКО в диапазоне измерений ИПС от $4 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^5$ Па (ИПС с ВПИ 0,6 МПа)

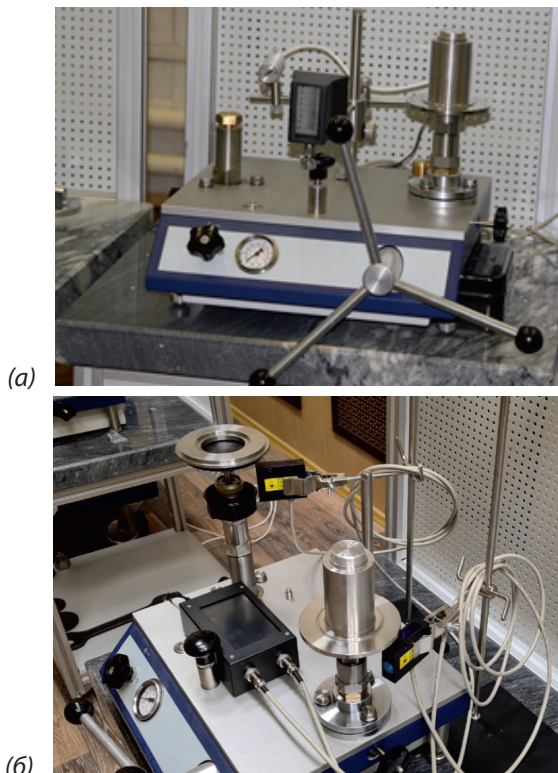


Рисунок 5 – Внешний вид ИПС со световым (а) и электронным (б) статоскопом

Для ИПС с ВПИ 6 и 60 МПа класса точности 0,005% указанное изменение (значение порога реагирования) составляет 3 и 30 Па соответственно. Из формулы 6 расчета массы грузов грузопоршневых манометров получим значения масс груза (гири), соответствующих указанному изменению давления, равных 15 и 60 мг соответственно.

$$m = \frac{A \cdot p}{g_i} \cdot (1 + \rho_g / \rho_m), \quad (6)$$

где m – масса груза, кг; p – давление, создаваемое грузом, Па; ρ_g – плотность воздуха, кг/м³; ρ_m – плотность материала гири, кг/м³.

Используя формулу 7 расчета дополнительной погрешности, вызванной разностью между уровнями нижнего среза поршней ИПС, возможно оценить величину отклонения положения (баланса) ИПС, которое, в ходе выполнения поверки, необходимо измерять электронным статоскопом.

$$\Delta P = \rho \cdot g_i \cdot H, \quad (7)$$

где ΔP – величина поправки, Па; ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³; H – разность уровней (величина отклонения положения (баланса) ИПС), м.

С учетом вышеуказанных значений порога реагирования для ИПС получим значение минимального отклонения от равновесия равное 0,35 мм. Для обеспечения достоверности измерений указанного

отклонения значение погрешности измерений статоскопа должно составлять 0,12 мм. Фактическое значение предела допускаемой основной абсолютной погрешности измерений электронного статоскопа ЭС-15 в 3 раза превышает расчетное, а его разрешающая способность в 10 раз.

Таким образом, использование описанных подходов к уточнению ряда составляющих ПНСП позволит уменьшить суммарную погрешность ГПМ, что в свою очередь позволит осуществить метрологическое обеспечение высокоточных средств измерений избыточного статического давления в соответствии с требованиями новой государственной поверочной схемы.

Литература:

1. Государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа [текст] (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2022 г. № 2653).
2. Боровков В.М., Кузнецов Д.И., Секоян С.С., Щипунов А.Н., Асланян А.Э., Гаврилкин С.М. Создание государственного первичного эталона единицы давления в диапазоне 10–1600 МПа // Измерительная техника. 2014. № 11. С. 7–10.
3. Грузопоршневой манометр СРВ 5000. Рекомендация для поверки. Версия 2.1. ЗАО «ВИКА МЕРА», 2011.
4. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. Учебное пособие для техникумов. – М.: Издательство стандартов, 1990. С. 50–52.
5. МИ 2429–97 ГСИ. Манометры грузопоршневые, метрологические и технические характеристики. Виды метрологического контроля (МР МОЗМ N 110).
6. Григорьев А.С., Талалай А.В., Тришина Н.А. Автоматизация метода передачи единицы избыточного давления эталонам наивысшей точности // Вопросы метрологического обеспечения войск и сил флота. Сборник трудов. Выпуск 42, Т1. – Мытищи, 2019. – С. 122–128.
7. Григорьев А.С., Бойко И.Г., Гончаренко Л.Н. Оценка точности грузопоршневых манометров с учетом особенностей эксплуатации вторичного эталона ВЭ-34–13// Материалы 45-ой научно-технической конференции молодых ученых военных метрологов, 2020. – С. 65–68.
8. Горобей В.Н., Киселев Ю.А., Витковский О.С., Леонтьев М.Ю. Государственный первичный эталон единицы давления – паскаля // Измерительная техника. 2011. № 11. С. 3–7.
9. ГОСТ 8291–83 Манометры избыточного давления грузопоршневые. Общие технические требования.

**СПОСОБЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНОЙ, ОПТИЧЕСКОЙ И ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
WAYS OF THE EFFICIENT USING DIGITAL TECHNOLOGY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IN THE FIELD OF LAZER, OPTICAL AND OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY**

*Надеин В.В., к.п.н., доцент, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Надеина О.В., к.п.н., Жилкина Т.Ю., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Nadein V.V., k.p.s., FSBI «MSHC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Nadeina O. V., k.p.s., Zhilkina T.Yu.,
FSBI «MSHC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation
E-mail: Nadein_vl@mail.ru; ovnadeina@gmail.com; Tanya.zhilkina.92@mail.ru
tel. 8(906)751-52-66; 8(495) 586 01 00; 8(964)7258108*

В статье рассмотрены способы эффективного применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в области лазерной, оптической и оптоэлектронной техники.

The article considers ways of the efficient using digital technology and artificial intelligence in the field of lazer, optical and optoelectronic technology.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), искусственный интеллект (ИИ), операционной деятельности (ОД), нейронная сеть.

Key words: the unmanned flying machines BPLA, artificial intelligence (AI), operating activity (OA), neural network.

Распространение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) находится в грандиозной революции: беспилотные, безэкипажные военные аппараты, они не только в воздухе, но и на земле, и на море. Меняются технологии производства БПЛА, они становятся массовыми, гибкими для модернизации, дешевыми и общедоступными, барражирующие боеприпасы могут также эффективно выполнять задачи по поражению целей в оперативной глубине.

Эффективности воздушного движения и улучшению безопасности, а также развитию систем автономного управления воздушными судами, способствует базовая авиационная станция (БАС). В сфере телекоммуникаций развитие БАС направлено на повышение скорости передачи данных и увеличение емкости сетей для удовлетворения растущего спроса на мобильную связь. Это также может включать в себя внедрение новых технологий: машинное обучение, 5G, искусственный интеллект (ИИ) для обеспечения более широкого доступа к высокоскоростному интернету.

Предполагается, что все вопросы, касающиеся БАС, будут решаться в сети Интернет. Системы операционной деятельности (ОД) общего назначения, представляющие собой программное обеспечение, разработанное для решения задач, заданных пользователем операций в компьютерных системах, можно «научить» (запрограммировать). Системы (ОД) обладают функциональностью, позволяющей автоматизировать повседневные операции и процедуры, улучшая производительность и эффективность работы организации, также могут предоставлять средства для анализа и генерации данных, что помогает пользователям принимать решения на основе аналитики и собранных данных. Также совершенствуется проект, в котором необычные камеры с нейросетью оснащены одноплатным компьютером Raspberry Pi3B и нейросетью, а объектива у неё нет. В этом случае искусственный интеллект (ИИ) генерирует изображение по звуковому эху. Нужно навести камеру на объект,

рупор на устройстве уловит звук, после чего его проанализирует нейросеть, которая создаст обобщённое изображение источника. Разработчик создал и обучил свою нейросеть, используя набор видеороликов. Нейросетевая модель сравнивает данные с теми материалами, на которых она обучалась и создаёт изображение, в том числе геолокацию и погоду. При этом камера встроена в корпус, в ней есть небольшой экран, который выполняет функции видоискателя, а также отображает данные о процессе обработки.

Применение искусственного интеллекта, новейших разработок в области ИИ используются в сфере кибербезопасности по обе стороны киберфронта.

Методы глубокого обучения, определение характера кибератак, в свою очередь, также используют киберпреступники, разрабатывая новые атаки, направленные на вмешательство в работу различных инструментов глубокого обучения, в том числе для классификации измерений, изображений и обработки естественного языка.

Несколько прошлых исследований показали эффективность различных атак злоумышленников, заставляющих глубокие нейронные сети (DNN – Deep neural network – искусственная нейронная сеть с несколькими слоями между входными и выходными уровнями) делать ненадежные и ложные прогнозы. Эффективность показали атаки Carlini & Wagner и Deepfool, метод быстрого знака градиента (FGSM), а также атака Elastic-Net (ENA).

Исследователи из Citadel недавно разработали глубокую нейронную сеть, которая может обнаруживать DDoS-атаки (атака на вычислительную систему с целью довести ее до отказа) с усилением DNS (Domain Name System – доменное имя), а затем использовали два разных алгоритма для создания контрпримеров, способных обмануть их нейросеть. Выводы, сделанные исследователями, подтверждают ненадежность методов глубокого обучения для обнаружения DNS-атак и их уязвимость к атакам со стороны

наиболее распространенных алгоритмов для рекурсивной оценки состояния системы на основе последовательных измерений. Он использует модель системы и данные измерений для вычисления оптимальной оценки состояния системы, учитывает погрешность измерений и моделирует их с помощью гауссовского распределения (создания значений со средним и стандартным отклонением)..

Для вычисления координат, отклонений и параметров дрона используются соответствующие математические модели и алгоритмы, которые зависят от конкретной системы и ее характеристик. Обычно это обозначения, которые явно указывают на соответствующую величину (для координат используются обозначения x , y , z или *latitude*, *longitude*, *altitude*; для отклонений используются обозначения dx , dy , dz или δx , δy , δz ; для параметров дрона могут использоваться обозначения, которые соответствуют конкретным характеристикам – обозначение v для скорости, обозначение θ для угла поворота и т. д.). Все конкретные формулы и обозначения зависят от конкретной системы и алгоритма, который применяется для оценки состояния системы на основе измерений.

В математическом алгоритме фильтр Калмана основывается на следующих формулах:

1. Прогноз состояния:

- Прогноз состояния: $x_k^+ = Fx_{k-1} + Bu_k$;
- Прогноз ковариации: $P_k^+ = FP_{k-1}F^T + Q$.

2. Измерение:

- Инновация: $y_k = z_k - Hx_k^+$;
- Матрица измерений: $S_k = HP_k^+H^T + R$;
- Коэффициент усиления Калмана: $K_k = P_k^+H^T S_k^{-1}$.

3. Обновление состояния:

- Обновление состояния: $x_k = x_k^+ + K_k y_k$;
- Обновление ковариации: $P_k = (I - K_k H) P_k^+$.

В этих формулах:

- x_k^+ – прогнозируемое состояние системы после применения предыдущего измерения,
- F – матрица перехода состояния,
- B – матрица управления,
- u_k – вектор управления на момент времени k ,
- P_k^+ – прогнозируемая ковариация состояния после применения предыдущего измерения,
- Q – матрица ковариации процесса управления,
- z_k – измерение на момент времени k ,
- H – матрица измерений,
- y_k – инновация или разница между измерением и прогнозом,
- R – матрица ковариации измерений,
- K_k – коэффициент усиления Калмана.

Отклонения, параметры дрона и их обозначения могут быть определены в зависимости от конкретной системы и задачи. Существует множество систем отклонений, параметров дрона и их обозначений, которые могут использо-

ваться в контексте оценки состояния системы и управления дроном. Некоторые примеры включают:

1. Системы отклонений:

- Положение: Δx , Δy , Δz
- Скорость: Δv_x , Δv_y , Δv_z
- Ускорение: Δa_x , Δa_y , Δa_z
- Углы поворота: $\Delta \phi$, $\Delta \theta$, $\Delta \psi$

2. Параметры дрона:

- Масса: m ;
- Сопротивление воздуха: Cd ;
- Сопротивление гравитации: g ;
- Момент инерции: I ;
- Сила и моменты управления: F , M .

3. Обозначения:

- Δ – символ, обозначающий отклонение или изменение;
- x , y , z – координаты дрона в пространстве;
- v_x , v_y , v_z – скорости вдоль осей x , y , z ;
- a_x , a_y , a_z – ускорения вдоль осей x , y , z ;
- ϕ , θ , ψ – углы поворота (крен, тангаж, рыскание);
- m – масса дрона;
- Cd – коэффициент сопротивления воздуха;
- g – ускорение свободного падения;
- I – момент инерции;
- F – сила управления;
- M – момент управления.

Фактические параметры и обозначения могут различаться в зависимости от конкретной системы, модели дрона и задачи управления.

В целом, все параметры, формулы и их использование направлены на повышение точности, надежности, сопротивляемости и эффективности систем управления и оценки состояния объектов. Они позволяют системам автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям и обеспечивать оптимальное функционирование.

Литература:

1. М. Нильсен, И. Чанг «Квантовые вычисления и квантовая информация», Издательство: Научный Мир 2006 г., 824 с., 33 С. – ISBN5-03-003524-9, 0-521-63503-9.
2. Холево А.С. «Квантовые системы, каналы», – М.: МЦНМО, 2010. – 328 с., 185 С. – ISBN978-5-94057-574-0.
3. Дж. Прескилл «Квантовая информация и квантовые вычисления», Том 1. – М. – Ижевск: НИЦ, «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2008. – 464 с., 124 С. – ISBN978-5-4344-0030-5.
4. Орлов В.Д. «Фараонический подход к устранению помех в радиосистемах», Журнал радиотехники, 2017, Том 4, №1.
5. Нечаев А.Е. «Основные характеристики высокоточных систем каденс и их влияние на точность позиционирования» // Труды Всероссийской конференции «Информационные технологии в науке, образовании и промышленности», 2019, С. 241-246.

АНАЛИЗ УГЛОВЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОНТАКТА ЩУПА С ИЗДЕЛИЕМ В КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ ANALYSIS OF ANGULAR CONTACT ERRORS OF THE PROBE WITH THE PRODUCT IN COORDINATE MEASURING MACHINES

Искендерзаде Э.Б., д.т.н., профессор,
Ахмедова Ш.В., с.н.с.,
Национальное Аэрокосмическое Агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика
Iskenderzade E.B., Doctor of Technical Sciences, Professor
Akhmedova Sh.V., Senior Researcher
National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan Republic
E-mail: isgenderzadeh@rambler.ru; shukufa.ahmadova@gmail.com
Tel. +994125611003; +99452077000

Исследована погрешность координатно-измерительных машин при измерениях с использованием шаровидного наконечника щупа применительно к наклонной поверхности объекта. Предложен принцип адаптивной компенсации данной погрешности путем управления силы прикладываемой к щупу в зависимости от угла наклона. Сформулирована и решена задача оптимального выбора указанной функциональной зависимости по критерию минимизации усреднённой величины погрешности.

The error of coordinate measuring machines during measurements using a spherical probe tip in relation to the inclined surface of the object is investigated. The principle of adaptive compensation of this error is proposed by controlling the force applied to the probe depending on the angle of inclination. The problem of optimal choice of the specified functional dependence according to the criterion of minimizing the average error value is formulated and solved.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, погрешность, адаптивное управление, угол наклона, оптимизация
Keywords: coordinate measuring machine, error, adaptive control, tilt angle, optimization

Введение

Как отмечается в работе [1], основные погрешности координатно-измерительных машин классифицируются по пяти категориям:

- машинные погрешности (погрешности из-за технических узлов)
- погрешность, возникающая из-за измеряемого объекта;
- погрешность, возникающая из-за стратегии выбора точек измерения;
- погрешность из-за алгоритмического соответствия реализации измерения;
- погрешность, возникающая из-за влияния внешних факторов.

Машинные погрешности, в свою очередь, могут возникнуть по следующим причинам:

- погрешность щупа;
- геометрическая погрешность машины;
- динамическая погрешность;
- температурная погрешность;
- вибрационная погрешность;
- параметрическая погрешность.

Далее, в настоящей статье рассматривается погрешность, появляющаяся в связи с работой щупа координатно-измерительной машины. Щуп координатно-измери-

тельной машины является важным элементом процедур, осуществляемых в этих машинах [2–4]. Основные требования, предъявляемые к щупу: управляемость (контролируемость) компьютером и быстрдействие работы. Существуют контактные и неконтактные щупы. Контактные щупы, в свою очередь подразделяются на щупы прямого контакта и триггерные щупы [5,6]. Как отмечается в работе [7], в практике применения сферических щупов возникают два типа погрешностей: (а) погрешность из-за угла наклона поверхности измеряемой детали и (б) погрешность, возникающая с увеличением радиуса шаровидного наконечника щупа. На рисунке 1 приведены графики зависимости погрешности наклона при разных углах наклона для разных значений радиуса шарового наконечника щупа [7].

Причина появления указанной погрешности подробно поясняется в работе [8]. Согласно [8] координатная машина следит за координатой центра сферы щупа. При этом машина также должна учитывать величину проекции радиуса шара на оси направления движения щупа. Дело в том, что координатная машина реагирует на компоненту силы контакта щупа с поверхностью детали, которая по направлению совпадает с направлением движения самого щупа. Это положение иллюстрируется на рисунке 2 [8].

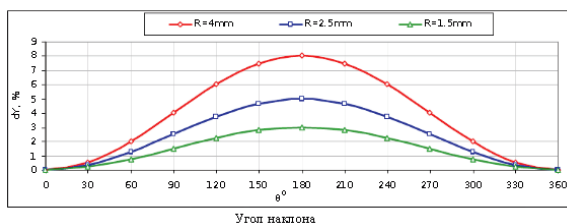


Рисунок 1 – Графики погрешности из-за наклона поверхности измеряемой детали при разных значениях радиуса измерительного щупа [7]

Принцип работы адаптивного управления величиной F_0 , заключающийся в формировании компенсационного сигнала, $F_1 = \frac{F_0}{1 - \cos \varphi}$, которая, далее подвергаясь влиянию наклона поверхности объекта, уменьшится до величин F_0 . Очевидно, что вышеописанный принцип адаптивного изменения F до значения $F_1 = \frac{F_0}{1 - \cos \varphi}$ позволит уменьшить указанную погрешность до нуля. Однако, такая коррекция также может быть реализована в плане оптимизации всего процесса измерения, предварительно приняв функцию адаптивного управления в виде $\varphi = f(F_0)$. (7)

$$S = \frac{1}{F_{max}} \int_0^{F_{max}} F_0 [1 - \cos f(F_0)] dF_0 - \lambda \left[\int_0^{F_{max}} f(F_0) dF_0 - C \right], \quad (10)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Согласно [10] решение задачи (11) должно удовлетворить условию

$$\frac{\partial F_0 [1 - \cos f(F_0) - \lambda f(F_0)]}{\partial f(F_0)} = 0. \quad (11)$$

Из выражения (11) получим

$$F_0 [\sin f(F_0)] - \lambda = 0. \quad (12)$$

Из (12) находим

$$\sin f(F_0) = \frac{\lambda}{F_0}. \quad (13)$$

Повторная производная (12) дает величину $F_0 \cos f(F_0)$, которая при $f(F_0) \leq \frac{\pi}{2}$ всегда положительная величина.

Следовательно, при решении (13) усредненная величина погрешности достигает минимума. Чтобы вычислить величину λ следует воспользоваться выражением

$$f(F_0) = \arcsin \left(\frac{\lambda}{F_0} \right). \quad (14)$$

Подставив выражение (14) в условие (8), получим

$$\int_0^{F_{max}} \arcsin \left(\frac{\lambda}{F_0} \right) dF_0 = C. \quad (15)$$

Таким образом, решив (15) относительно λ и обозначив это решение как λ_0 , решение (14) перепишем как

$$F_0 = \frac{\lambda_0}{\sin \varphi}. \quad (16)$$

Таким образом, полученное решение (16) позволяет минимизировать усредненную величину погрешности наклона поверхности объекта при проведении координатных измерений.

Заключение

Проанализирована погрешность координатных измерений осуществляемых координатно-измерительной машиной путем применения шаровидного наконечника щупа к наклонной поверхности объекта. Показано, что данная погрешность может быть скомпенсирована путем управления силой, прилагаемой к щупу в зависимости от угла наклона. Сформулирова-

Для выбора оптимального вида функции (7) примем следующее ограничительное условие

$$\int_0^{F_{max}} f(F_0) dF_0 = C; \quad C = const. \quad (8)$$

Усредненную величину ΔF определим как

$$\Delta F = \frac{1}{F_{max}} \int_0^{F_{max}} F_0 [1 - \cos f(F_0)] dF_0. \quad (9)$$

С учетом (8) и (9) можно составить задачи безусловной вариационной оптимизации целевой функционал которой (S) имеет вид:

на и решена задача оптимального выбора указанной функциональной зависимости по критерию минимизации усредненной величины погрешности.

Литература:

1. Error sources on coordinate measuring machine (CMM) measurements and environment control// Metrology.
2. Weckenmann A., Estler T., Peggs G., McMurtry D. Probing systems in dimensional metrology// CIRP Annals-Manufacturing Technology. 53(2). 2004. Pp. 657–684.
3. Wozniak A., Dobosz M. Influence of measured objects parameters on CMM touch trigger probe accuracy of probing// Precision Engineering. 29(3). 2005. Pp. 290–297.
4. Wozniak A., Mayer J. R. R., Balazinski M. Stylus tip envelop method^ corrected measured point determination in high definition coordinate metrolog// Int. Journal of advanced manufacturing technology. 42. 2009. Pp. 505–514.
5. Genest D. H. The right probe system adds versatility to CMMs// Quality digest. 1997. <http://www.qualitydigest.com/jan97/probes.html>.
6. Dobosz M., Wozniak A. CMM touch trigger probes testing using a reference axis// Precision Engineering. 29(3). 2005. Pp. 281–289.
7. Salah H. R. A. Probing system characteristics in coordinate metrology// Measurement science review. Vol. 10. No. 4. 2010.
8. Sun Y., Lu L., Wu F., Xiao S., Sha J., Zhang L. Error analysis of a coordinate measuring machine with a 6-DOF industrial robot holding the probe// Actuators. 2023. <https://doi.org/10.3390/act12040173>.
9. Park J. J., Kwon K., Cho N. Development of a coordinate measuring machine (CMM) touch probe using a multi-axis force sensor// Meas. Sci. Technol. 17. 2006. Pp. 2380–2386.
10. Эльсгольд Л. Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление// М. Наука. 1974. Стр. 432.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ОПОРНОГО СТАНДАРТА ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ
DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR SELECTING A REFERENCE FREQUENCY STANDARDS BASED ON THE RESULTS OF ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE SECONDARY STANDARD OF TIME AND FREQUENCY

*Васильев А.В., Окишев Д.А., к.т.н.,
 ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России*
*Vasilev A.V., Okishev D.A., Candidate of Technical Sciences,
 FSBI «MSHC» of Russia Federation Ministry of Defense*
*E-mail 32gnii@mil.ru,
 tel. 8(925)640-83-00, 8(916)425-63-76*

Предложен подход к использованию взаимных измерений для выбора опорного стандарта частоты и времени в целях устранения скачкообразных изменений метрологических характеристик хранителей вторичного эталона единиц времени и частоты. Проведена апробация предложенного подхода на основе экспериментальных данных, полученных на вторичном эталоне.

An approach to the use of mutual measurements for the selection of a reference frequency standard in order to eliminate hopping-changes of the metrological characteristics of secondary standard of time and frequency. Approbation of the proposed approach based on experimental data obtained at the secondary standard.

Ключевые слова: вторичный эталон единиц времени и частоты, опорный стандарт частоты и времени, среднее квадратическое отклонение.

Keywords: secondary standard of time and frequency, reference frequency standards, standard deviation.

В процессе эксплуатации вторичного эталона единиц времени и частоты (ВЭ) предусмотрено исследование стабильности его метрологических характеристик (МХ), а также выявление и учет изменений МХ [1].

ВЭ содержит 4 водородных стандарта частоты и времени (СЧВ), три из которых образуют групповой хранитель частоты и времени, четвертый (имеющий наилучшие характеристики по надежности, стабильности МХ) назначается опорным стандартом, а также средства внутренних сличений, средства сравнения шкал времени и вспомогательные технические средства [2].

В рамках исследования стабильности МХ ВЭ использовалась МХ – среднее квадратическое отклонение (СКО) S_f результатов измерения относительной разности частоты группового сигнала и опорного стандарта частоты и времени при интервалах времени измерения $t_n=1$ сут, интервалах времени наблюдений $t_n=30$ сут, были получены оценки S_f за 7 лет эксплуатации ВЭ, выявлено несколько случаев превышения предельно допускаемого значения (ПДЗ) СКО $S_{f_{\text{ПДЗ}}}=1,5 \cdot 10^{-15}$.

В целях выявления и учета изменений МХ ВЭ, для этих случаев были проведены дополнительные исследования его МХ в части оценки нестабильности СЧВ с использованием результатов взаимных измерений [3].

Рассмотрим один из случаев.

Запишем выражение для расчета получаемой фазовым методом относительной разности частот СЧВ:

$$\Delta_0 f_{i-j} = \left(\frac{f_i - f_j}{f_j} \right), \quad j = \overline{1,4}, i = \overline{1,4}, i \neq j,$$

где f_i – частота i -ого СЧВ из состава группового хранителя частоты эталона;

f_j – частота СЧВ _{j} , принятого за опорный.

По окончании суток рассчитываются средние значения относительной разности частот в каждой паре СЧВ, в том числе средние за сутки значения относительной разности частот каждого СЧВ _{i} относительно СЧВ _{j} :

$$\bar{\Delta}_0 f_{i-j} = \frac{1}{24} \sum_{l=1}^{24} (\Delta_0 f_{i-j})_l, \quad j = \overline{1,4}, i = \overline{1,4}, i \neq j, \quad (1)$$

где l – номер измерения в течение суток.

Для опорного стандарта с номером $j=4$ (СЧВ _{4}) и СЧВ, входящих в групповой хранитель (СЧВ _{i} , $i=\overline{1,3}$), на рисунке 1 на интервале времени наблюдения представлены графики относительной разности частот СЧВ $\bar{\Delta}_0 f_{i-4}$. Из рисунка 1 следует, что на интервале времени измерений с порядковым номером $N_{\text{ти}}=24$ у всех 3-х графиков $\bar{\Delta}_0 f_{i-4}$, $i=\overline{1,3}$ присутствуют скачки, характеризующиеся:

- по направленности – однонаправленные;
- по амплитуде – от $2,7 \cdot 10^{-15}$ до $3,8 \cdot 10^{-15}$.

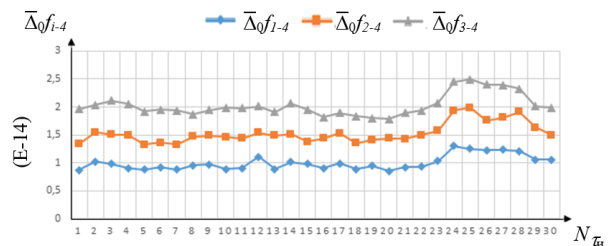


Рисунок 1 – Графики относительной разности частот СЧВ $\bar{\Delta}_0 f_{i-4}$, $i = \overline{1,3}$

На основании значений $\bar{\Delta}_0 f_{i-4}$, $j=4$, $i=\overline{1,3}$ (рисунок 1) для каждого суток рассчитывались аналитические значения относительной разности

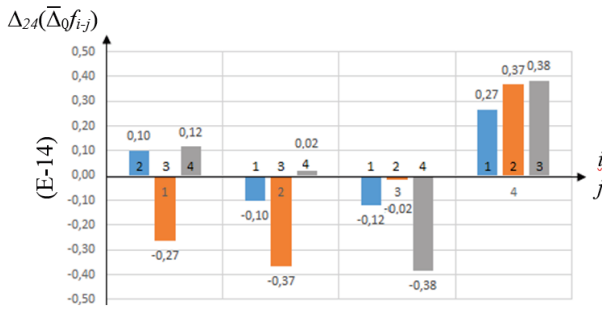


Рисунок 4 – Значения скачков $\Delta_{24}(\bar{\Delta}_0 f_{i-j})$, $j=\overline{1,4}$, $i=\overline{1,4}$, $i \neq j$, на интервале времени измерений с порядковым номером $N_{\tau_u} = 24$

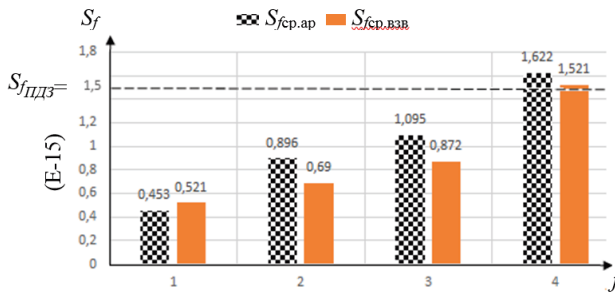


Рисунок 5 – Оценки значений $S_{f \text{ ср. ар}}$ и $S_{f \text{ ср. взв}}$ на интервале времени наблюдения для $j=\overline{1,4}$

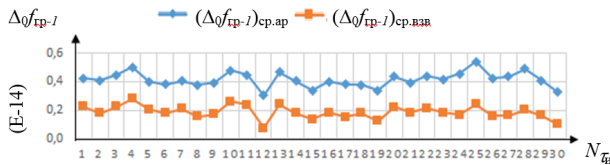


Рисунок 6 – Графики изменения относительных разностей частот группового сигнала и опорного СЧВ, сформированных на ансамбле хранителей по среднеарифметическому и средневзвешенному значению

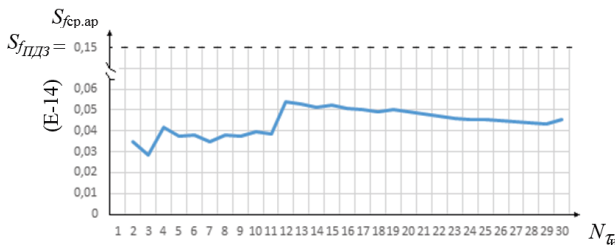


Рисунок 7 – График зависимости $S_{f \text{ ср. ар}}(N_{\tau_u})$ при опорном СЧВ₁

Таким образом, в рамках выявления и учета изменений МХ ВЭ:

установлено, что превышение СКО S_f значения $S_{f \text{ плдз}}$ на интервале времени наблюдения $\tau_n = 30$ сут обусловлено однонаправленными с амплитудой в единицы (Е-15) скачками относительной разности частот СЧВ $\bar{\Delta}_0 f_{i-j}$, $j=\overline{1,4}$, $i=\overline{1,4}$, и, как следствие, скачками относительной разности частоты группового сигнала и опорного СЧВ_j ($\Delta_0 f_{\text{гр-j}}$);

для выявления СЧВ, применение которого в качестве опорного СЧВ_j позволит избежать ситуации, когда $S_f > S_{f \text{ плдз}}$, предложено использовать результаты взаимных измерений СЧВ $\bar{\Delta}_0 f_{i-j}$, $j=\overline{1,4}$, $i=\overline{1,4}$, $i \neq j$, когда в качестве опорного поочередно рассматриваются все СЧВ_j, $j=\overline{1,4}$ и выбирается тот СЧВ_j, при использовании которого в качестве опорного отсутствуют однонаправленные скачки $\bar{\Delta}_0 f_{i-j}$, $i=\overline{1,4}$, $i \neq j$, с амплитудой в единицы (Е-15).

Полученные результаты могут быть использованы при:

- обосновании необходимости замены опорного СЧВ, изменении состава группового хранителя ВЭ;
- выявлении причин ухудшения МХ ВЭ;
- исследованиях долгосрочной стабильности и выполнении работ по продлению ресурса ВЭ, исходя из более объективной оценки состояния ВЭ;
- разработке устройств формирования физического сигнала групповой частоты;
- разработке методики локализации и учёта скачкообразных изменений МХ хранителей из состава ВЭ.

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».
2. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».
3. Гончаров А.С. Разработка методики формирования групповой частоты и шкалы времени территориально-распределенного группового эталона на основе применения дискретного фильтра Калмана // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2004. № 4. Т.2. С. 63-71.

ПЕРЕЧЕНЬ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2023 ГОДУ

ФИО / Название статьи	номер	страница
Радиотехнические измерения		
Дворников С.В., д.т.н., профессор, ^{1,2} Голик А.М., д.т.н. ³ Клейменов Ю.А., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Дворников С.С., ^{1,2} 1 – Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения 2 – Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного. 3 – Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии Российской Федерации	1	23
Оценка временных параметров импульсов на основе распределения Вигнера		
Голик А.М. ³ , д.т.н., профессор, Дворников С.В., д.т.н., профессор ^{1,2} , Клейменов Ю.А., д.т.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Крячко А.Ф., д.т.н., профессор, Дворников С.С. ^{1,2} , 1 – Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2 – Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного. 3 – Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии Российской Федерации	2	30
Оценка длительности импульсов с использованием эталонных сигналов		
Голик А.М., д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии Российской Федерации, Шишов Ю.А., д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии Российской Федерации, Клейменов Ю.А., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России	3	24
Калибровка приемных каналов приемо-передающих модулей раскрываемых цифровых антенных решеток		
Кузнецов А.А., к.т.н., Жуков Ю.О., Кузнецова О.Н., к.т.н., ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж	3	31
Методика повышения точности траекторных измерений с использованием алгоритмов оперативной оценки координат маневрирующих летательных аппаратов		
Дворов А.Н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Иванов А.А., к.т.н., филиал ФГБУ НИИР-ЛОНИИР, Семёнов А.А., к.т.н., ВКА им. А.Ф. Можайского	4	13
Аппаратно-программный комплекс оценки и анализа получаемой радиолокационной информации в условиях спектральных изменений физических процессов визуирования объектов		
Михайлов Д.Б., Медведев И.Н., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России	4	17
Результаты математического моделирования радиолокационных отражателей, применяемых для измерений эффективной площади рассеяния		
Измерения жидкости и газа		
Велиев Гасан Саркар оглы, Азербайджанский технический университет	1	28
Оптимизация косвенных интервальных измерений с функционально заданными краевыми точками		
Общие вопросы метрологии		
Кравцов А.Н., к.т.н., доцент, Солдатенко В. С., к.т.н., доцент, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Пузанков С. В., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского	1	3
Математическая модель определения параметров риск-ориентированной стратегии метрологического обслуживания комплекта средств измерений		
Хайруллин Р.З., д.ф.-м.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет	1	11
Полумарковская модель эксплуатации и обновления парка измерительной техники.		

ФИО / Название статьи	номер	страница
Тетерук Р.А., Фирсанов Н.А., Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева, г. Санкт-Петербург, Россия Определение интервала между поверками по результатам проведения ресурсных испытаний на метрологический отказ	1	18
Мамлеев Т.Ф., к.т.н., Щеглов В.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Основные направления развития системы обеспечения единства измерений в области обороны и безопасности государства на период до 2035 года	2	3
Захаров Е.Н., д.т.н., профессор, ФГБУ «ГНМЦ» МО РФ Квалиметрия сложных систем: понятие, область применения, требования к методическому аппарату	2	6
Ефремов В.А., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Мищенко В.И., д.т.н., профессор, Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Гончаров А.П., Управление метрологии ВС РФ, Ткаченко П.А., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского Методика обоснования стратегии технического обслуживания мобильного метрологического комплекса на базе одномерной многоярусной полумарковской модели	2	12
Чумаков В.В., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Обзор метрологического обеспечения средств измерений ионизирующих излучений в Японии на основе деятельности компании фуджи электрик (Токио)	2	17
Зуйков М.Ю., ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», Рыбачев И.И., ФГБОУ ВО «УГТУ», Попова Е.В., д.т.н., ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», Храменков А. В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России. Автоматизация метрологической деятельности предприятия	3	3
Храменков В.Н., д.т.н, профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Обоснование требований к точности воспроизведения системой управления технического объекта управляющих воздействий на показатели его назначения	3	9
Апрелева М.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Результаты анализа состояния парка осциллографов, применяемых в сфере государственного регулирования	3	12
Козырев Г.И., д.т.н., профессор, ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Юдицких Е.О., ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Усиков В. Д., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Повышение точности телеметрических датчиков на основе использования принципа многоканальности	3	15
Храменков В.Н. , д.т.н, профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Щеглов В.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Нормативные правовые основы отнесения измерений в ООБГ и при выполнении ГОЗ к СГР ОЕИ	4	3
Супрунюк В.В., д.т.н., ведущий научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Кувыкин Ю.А., к.т.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Щедрин А.Ю., младший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Горбачев А.А., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России О метрологическом самоконтроле измерительных систем	4	5
Филатов И.Н., д.т.н., профессор, «АНО» Центр научных исследований, аккредитации и обучения «Квалитет», Храменков А.В., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Установление обязательных метрологических требований к системе менеджмента качества организации	4	10

ФИО / Название статьи	номер	страница
Измерение давления		
Талалай А.В., Научно-технический комитет (Метрологическая служба Вооруженных Сил Российской Федерации), Григорьев А.С., Талалай И.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Анализ составляющих погрешности рабочих эталонов единицы избыточного статического давления	4	20
Оптические и оптико-физические измерения		
Кувыкин Ю.А., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Ольховский А.Н., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Супрунюк В.В., д.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Реализация низкочастотной градуировки вибропреобразователей с применением электродинамического вибростенда и измерителя лазерного триангуляционного	2	21
Шарганов К.А., к.т.н., Осина А.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Воейко О.А., ГБОУ ВО МО «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза А.А. Леонова» Метод комплексной передачи единиц фотометрических величин оптико-электронным системам	2	27
Надеин В.В., к.п.н., доцент, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Новые проектные решения, новые научные задачи и способы их эффективного применения на современном этапе в области лазерной, оптической и оптоэлектронной техники ведущих предприятий России (по итогам 17-й международной специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники)	2	34
Надеин В.В., к.п.н., доцент, Осина А.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Новые проектные решения и способы эффективного применения искусственного интеллекта в области лазерной, оптической и оптоэлектронной техники	3	35
Надеин В.В., к.п.н., доцент, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Надеина О.В., к.п.н., Жилкина Т.Ю., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Способы эффективного применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в области лазерной, оптической и оптоэлектронной техники	4	25
Измерения времени и частоты		
Новикова И.В., ФГУП «ВНИИФТРИ» Экспериментальное исследование методик определения инструментальной составляющей систематической погрешности измерений эталонного измерительного комплекса длины в диапазоне до 60 м при работе с фазовым светодальномером	1	32
Стандарты частоты и времени		
Васильев А.В., Окишев Д.А., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России Разработка методики выбора опорного стандарта частоты и времени по результатам анализа характеристик вторичного эталона единиц времени и частоты	4	33
Измерения угловых величин		
Искендерзаде Э.Б., д.т.н., профессор, Ахмедова Ш.В., с.н.с., Национальное Аэрокосмическое Агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика Анализ угловых погрешностей контакта щупа с изделием в координатно-измерительных машинах	4	30
Научно-технические материалы конференций, симпозиумов		
XIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «МЕТРОЛОГИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ» (20 – 22 июня 2023 г.)	1	38
49 научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов военных метрологов «Актуальные задачи военной метрологии»	4	40
Новинки измерительной техники		
Миллитесламетр портативный универсальный ТП2–2У	1, 2, 3	2 (обл.)

ФИО / Название статьи	номер	страница
Акустооптический модулятор-частотосдвигатель АОМВ2	1, 2, 3	3 (обл.)
Измеритель временных интервалов ИВИ-01		
Стандарт частоты сверхминиатюрный квантовый НАП-КПН		
Комплекс для оперативного определения составляющих уклонений отвесной линии	1, 2, 3, 4	4 (обл.)
Испытания и поверка навигационной аппаратуры потребителей		
Измерители мощности СВЧ	4	2 (обл.)
Комплекс для оперативного определения составляющих уклонений отвесной линии	3	39
Набор нагрузок волноводных	4	3 (обл.)
Информация		
Выставки, конференции, форумы в 2023 году	1, 3, 4	38, 40, 40
Информация для авторов рукописей, предлагаемых к публикации в журнале «Вестник метролога»	1, 3	40, 40
Перечень научных статей и материалов, опубликованных в 2023 году	4	36–39
Информация для подписчиков и читателей журнала	1, 2, 3, 4	40, 40, 39

Прейскурант на 2024 год

Наименование	Периодичность издания	Цена за 1 номер (руб.) с НДС
Журнал «Вестник метролога»	4 раза в год	1 100,00
«Вестник метролога» по подписке	4 раза в год	1 100,00
Журнал «Альманах современной метрологии»	4 раза в год	1 500,00

Расценки на размещение рекламы в журнале «Вестник метролога»

Формат модулей (стр.)	Расположение в номере	Цена (руб.) черно-белой полосы	Цена (руб.) цветной полосы
1	Обложка - 2 страница	17 000	18 500
1	Обложка - 3 страница	16 000	17 000
1	Обложка - 4 страница	16 000	17 000
1	Внутренний блок	16 000	17 000
1/2	Внутренний блок	8 000	8 500
1/3	Внутренний блок	5 500	6 000
1/4	Внутренний блок	4 000	4 500

ПОДПИСКА

Принимается подписка на ежеквартальный журнал «Вестник метролога»

Читатели могут оформить подписку
talikova@vniiftri.ru;
nikiforova@vniiftri.ru

тел. 8(495) 944-56-41, Никифорова Надежда Николаевна,
Индекс – 45112 по Объединенному каталогу «Пресса России»

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



49 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ ВОЕННЫХ МЕТРОЛОГОВ «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ВОЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ»

Организационный комитет 49 научно-технической конференции молодых ученых и специалистов военных метрологов «**Актуальные задачи военной метрологии**» приглашает вас принять участие в конференции, которая состоится 18 апреля 2024 года в Конгрессно-выставочном центре «Патриот», г. Кубинка Московской области.

49 научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов военных метрологов «Актуальные задачи военной метрологии» в очередной раз предоставит возможность обсудить полученные молодыми учеными и специалистами научные результаты, направленные на решение большого спектра актуальных задач метрологического обеспечения в области обороны и безопасности Российской Федерации.



Формы участия в конференции

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

Заявки на участие, тезисы докладов, экспертные заключения о возможности опубликования в открытой печати принимаются до **29 февраля 2024 г.**

Заявки на участие, тезисы докладов и другие материалы высылать:

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

✉ e-mail: 32gnii@mil.ru

Контактное лицо: председатель Совета молодых ученых ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Ершов Денис Сергеевич

☎ телефон: 8-(495)-586-23-55

✉ e-mail: kmu.gnmc@yandex.ru

Совет молодых ученых ежегодно организует научно-техническую конференцию молодых ученых и специалистов военных метрологов «Актуальные задачи военной метрологии», в которой участвуют молодые ученые и специалисты научно-исследовательских организаций Минобороны России, высших военно-учебных заведений, войсковых частей, государственных научных метрологических институтов Росстандарта, организаций сферы обороны и безопасности Российской Федерации, предприятий промышленности. Целью конференции является развитие молодых ученых, обобщение опыта работы, интеграция и систематизация наработок молодых ученых и специалистов военных метрологов, их участие в решении актуальных проблем метрологического обеспечения войск (сил) и обеспечения единства измерений.