

ВМ 2/2023 (Основан в 2005 году)

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
Крупская Д.Л.

Адрес редакции: 141006, г. Мытищи
Московской обл., Олимпийский проспект,
владение 13, 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

Отпечатано ООО «ПРИНТ»
Юридический адрес: 125413, Россия,
г. Ижевск,

Сдано в набор 27.04.2023

Подписано в печать 27.05.2023

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

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 3

Захаров Е.Н., д.т.н., профессор, ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Квалиметрия сложных систем: понятие, область применения, требования
к методическому аппарату 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, Каченко П.А., Военно-
космическая академия имени А.Ф. Можайского
Методика обоснования стратегии технического обслуживания мобильного
метрологического комплекса на базе одномерной многоярусной
полумарковской модели 12

Чумаков В.В., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Обзор метрологического обеспечения средств измерений ионизирующих
излучений в Японии на основе деятельности компании «Фуджи электрик»
(Токио) 17

Оптические и оптико-физические измерения

Кувькин 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 21

Шарганов К.А., к.т.н., Осина А.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
Воейко О.А., к.т.н., ГБОУ ВО МО «Технологический университет имени
дважды Героя Советского Союза А.А. Леонова»
Метод комплексной передачи единиц фотометрических величин оптико-
электронным системам 27

Радиотехнические измерения

Голик А.М.³, д.т.н., профессор, Дворников С.В.^{1,2}, д.т.н., профессор,
Клейменов Ю.А., д.т.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «ГНМЦ»
Минобороны России, Крячко А.Ф.¹, 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
Оценка длительности импульсов с использованием эталонных сигналов. . . . 30

Оптические и оптико-физические измерения

Надеин В.В., к.п.н., доцент, Решетников А.А., к.т.н., 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 34

Информация 40

VM 2/2023

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. Shchipunov, doctor of the technical
sciences.

Editor-in-chief

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

Deputy main of the editor

O.V. Nadeina, candidate of the pedagogical
sciences

Address to editings: 141006, Mytishchi
Moscow obl., Olympic avenue, possession 13,
construction 1

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

*Mamleev T.F., k.t.s., Shcheglov V.A., FSBI «MSHC» of Russia Federation
Ministry of Defense*

Main trends of the uniformity of measurements development in the field of state
defense and safety for the period until 2035 3

*Zakharov E.N., Doctor of Technical Sciences, professor, FSBI «MSHC» of
Russia Federation Ministry of Defense*

Qualimetry of complex systems: concept, field of use, methodological apparatus
requirements 6

*Efremov V. A., Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky,
Mishchenko V. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of
the Department of Metrological Support of Weapons of Military and Special
Equipment, Mozhaisky Military Space Academy,*

*Goncharov A. P., Chief Inspector of the Department of Metrology of the Armed
Forces of the Russian Federation,*

*Tkachenko P. A., cadet of the Military Space Academy named
after A.F. Mozhaisky*

Methodology for substantiating the strategy of maintenance of a mobile
metrological complex based on a one-dimensional multi-tiered
semi-markov model 12

*Chumakov V.V., Federal State Budgetary Institution «Metrology Scientific Head
Center» Russian Federation Ministry of Defense*

Overview of metrological support of ionizing radiation measuring instruments in
japan, based on the activities of Fuji Electric co., Ltd Tokyo branch 17

Optic and optic-physical measurements

*Kuvykin Yu.A. Candidate of Technical Sciences, FSBI «MSHC» RFMD,
Olkhovsky A.N., Candidate of Technical Sciences, FSBI «MSHC» RFMD,
Suprunyuk V.V., Doctor of Technical Sciences, FSBI «MSHC» RFMD*

Implementation of low frequency calibration of vibration transducers with the
use of an electrodynamic vibration stand and measurement of laser triangulation 21

*Sharganov K.A., k.t.s., Osina A.A., FSBI «MSHC» of Ministry of Defence of
Russia (Mytishchi, Moscow region), Voeyko O.A., k.t.s., SBEI HE MR «Hero of
the Soviet Union Leonov Technological University» (Korolyov, Moscow region).*

Method of complex transfer of units of photo-metrical magnitudes to
optoelectronic systems 27

Measurements of radio engineering quantities

*Golik A.M.³, d.t.s., St. Petersburg Military Institute of the National Guard forces
of the Russian Federation, Dvornikov S.V.^{1,2}, d.t.s., professor, Kleymenov Yu.A.,
d.t.s., Federal State Budgetary Institution «Metrology Scientific Head Center»
Russian Federation Ministry of Defense, Kryachko A.F.¹, d.t.s., professor,
Dvornikov S.S.^{1,2}*

¹ – St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

² – Military Communication Academy

³ – St. Petersburg Military Order of Zhukov Institute of the National Guard of the
Russian Federation.

Pulse width estimation using reference signals 30

Optic and optic-physical measurements (scientifically technical reviews material conference symposium)

*Nadein V.V., k.p.s., Reshetnikov A.A., k.t.s., FGBI «MSHC» of the Ministry
Defense of Russia*

The new design decisions, the new scientific problems and ways their efficient
using on modern stage in the field of lazer, optical and optic-physical technology
of the leading enterprise to Russia 34

Information 40

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ
ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА НА ПЕРИОД ДО 2035 ГОДА**
**MAIN TRENDS OF THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS DEVELOPMENT IN THE FIELD OF STATE DEFENSE
AND SAFETY FOR THE PERIOD UNTIL 2035**

*Мамлеев Т.Ф., к.т.н., Щеглов В.А.,
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России*
Mamleev T.F., k.t.s., Shcheglov V.A., FSBI «MSHC» of Russia Federation Ministry of Defense
E-mail: 32gnii@mil.ru,
tel.+7 (495) 586–23–88,

В статье, по результатам проведенных исследований, сформулированы основные направления развития системы обеспечения единства измерений в области обороны и безопасности государства, которые могут быть использованы при подготовке проекта Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации на период 2035 года, в части обеспечения единства измерений в силовых структурах и при выполнении государственного оборонного заказа.

The article contains the results of the studies highlighting the main trends of the state defense and safety uniformity of measurements development which can be used when developing the project of ensuring the uniformity of measurements in Russian Federation for 2035 in the field of security forces uniformity of measurements provision and state defense order implementation.

Ключевые слова: основные направления развития, обеспечение единства измерений, область обороны и безопасности, государственный оборонный заказ

Keywords: main development trends, uniformity of measurements, defense and security field, state defense order

Комплекс научно-исследовательских работ, выполненных ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России в 2020–2022 гг., и полученные в них результаты позволяют сформулировать изложенные по тексту статьи основные направления развития системы обеспечения единства измерений в области обороны и безопасности и выполнения государственного оборонного заказа.

Генеральной целью развития системы обеспечения единства измерений (далее – ОЕИ) в области обороны и безопасности государства и при выполнении государственного оборонного заказа до 2035 года является:

- метрологическое обеспечение разработки, производства, испытаний и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ), создаваемых в соответствии с Государственной программой вооружения на 2025–2035 годы для оснащения Вооруженных Сил Российской Федерации (далее – РФ), других войск, воинских формирований, органов и организаций современными, высокоточными и высокоэффективными видами вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ);

- достижение требуемой точности, достоверности и сопоставимости результатов из-

мерений при выполнении государственного оборонного заказа и эксплуатации ВВСТ, обеспечивающих их готовность к применению и эффективность использования по назначению, боеготовность и боеспособность войск (сил).

В соответствии с генеральной целью в 2026–2035 гг. должны быть обеспечены:

1. Дальнейшее совершенствование системы ОЕИ в области обороны и безопасности в соответствии с требованиями живучести, мобильности, автономности и оперативности, в том числе:

- одновременное или опережающее развитие военных эталонов единиц величин Минобороны России – исходных для ОЕИ в этой области, их своевременная модернизация и восстановление;

- развитие рабочих эталонов единиц величин и автоматизированных рабочих мест по поверке средств измерений, мобильных метрологических комплексов и других средств ОЕИ в области обороны и безопасности и организациях оборонно-промышленного комплекса путем создания эталонов нового поколения, автоматизированных, в блочно-модульном исполнении, имеющих необходимые показатели точности и диапазонности для метрологического обеспе-

назначения, военными и рабочими эталонами единиц величин и мобильными метрологическими комплексами).

5. Разработка концепции и создание информационной системы, отображающей развитие измерений и средств измерений военного назначения параметров ВВСТ и связанных с ними процессов проектирования, производства, испытаний и эксплуатации, как объекта обеспечения единства измерений, метрологического обеспечения войск (сил), в целях достижения на этой базе одновременного или опережающего развития парка военных и рабочих эталонов единиц величин и других видов метрологической техники.

6. Развитие организационных, нормативных и методических основ установления в документах по стандартизации оборонной продукции общих требований к метрологическому обеспечению ВВСТ в виде обязательных метрологических требований к измерениям, средствам измерений военного назначения и ОЕИ их параметров, обязательной метрологической экспертизы и метрологической экспертизы полноты и обоснованности их установления.

7. Совершенствование организации работ по ОЕИ в области обороны и безопасности, структуры и состава метрологических служб и метрологических воинских частей (организаций) и подразделений. Разработка и реализация концептуальных основ построений единой метрологической системы в области обороны и безопасности государства и государственного оборонного заказа с унифицированными нормативными и методическими документами организации и проведения работ по ОЕИ. Повышение эффективности межведомственной координации метрологических работ Межведомственным советом по ОЕИ в области обороны и безопасности и головной научно-исследовательской испытательной организацией Минобороны России по ОЕИ в этой области.

8. Осуществление комплекса мероприятий по повышению качества подготовки и обеспечению необходимой квалификации специа-

листов –метрологов, решающих задачи ОЕИ, точности и достоверности результатов измерений в области обороны и безопасности и государственного оборонного заказа, актуализация программ метрологической подготовки, разработка и актуализация образовательных стандартов.

9. Обоснование и подготовка предложений по развитию приборостроительной отрасли оборонной промышленности на основе принятия и действия Федеральной целевой программы «Военное приборостроение России», прогнозирования и программно-целевого планирования развития военной измерительной и метрологической техники, включая военные и рабочие эталоны, в интересах метрологического обеспечения создания и эксплуатации современных высокоточных вооружений.

Изложенные в статье основные направления развития системы ОЕИ могут быть использованы при подготовке соответствующего раздела Стратегии ОЕИ в Российской Федерации до 2035 года.

Литература

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
2. Федеральный закон от 31.07.2020 № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации»
3. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»
4. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2016 года № 1567 «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции...»

Bibliography

1. Federal Law of June 26, 2008 N 102-FZ «On ensuring the uniformity of measurements»
2. Federal Law of July 31, 2020 N 247-FZ «On mandatory requirements in Russian Federation»
3. Federal Law of December 27, 2002 N 184-FZ «On technical regulation»
4. Government Decree of December 30, 2016 N 1567 «On standardization procedure for defense-related products»

**КВАЛИМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: ПОНЯТИЕ,
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИЧЕСКОМУ АППАРАТУ
QUALIMETRY OF COMPLEX SYSTEMS: CONCEPT,
FIELD OF USE, METHODOLOGICAL APPARATUS REQUIREMENTS**

*Захаров Е.Н., д.т.н., профессор,
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Zakharov E.N., Doctor of Technical Sciences, professor,
FSBI «MSMC» of The Ministry of Defence Of The Russian Federation
E-mail: 32gnii@mil.ru,
tel.+7 (495) 586–23–88*

На основе анализа функционала метрологии и квалиметрии, а также классификации систем, предлагается ввести понятие «квалиметрия сложных систем», как раздела метрологии (в частности, квалиметрии), определяющего область применения, методологию и методический аппарат оценки функционирования (уровня качества) сложных систем. Обозначены требования к такому методическому аппарату.

Based on the analysis of metrology and qualimetry functions, as well as the systems classification, the article proposes to introduce the concept of «qualimetry of complex systems» as a branch of metrology (in particular, qualimetry) that defines the field, methodology and methodological apparatus for assessing the complex systems' functioning (quality level). The article indicates the requirements for such a methodological apparatus.

Ключевые слова: метрология, квалиметрия, сложные системы, точность, область применения.

Keywords: metrology, qualimetry, complex systems, accuracy, field of use.

Очевидно, что в современном мире огромную роль играют **измерения** – получение информации о количественных характеристиках различных свойств объектов и явлений окружающего мира экспериментально [1], которые являются важнейшим инструментом познания объектов и явлений окружающего мира, т.е. служат основой научно-технических знаний.

От точности и достоверности результатов измерений зависит адекватность познания нами окружающего мира и правильность принимаемых решений на всех уровнях управления. В связи с этим, большое значение имеет **метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности [2].

Предметом метрологии является извлечение количественной информации о свойствах объектов с заданной точностью и достоверностью; основа для этого – нормативная база метрологии.

Объектами метрологии выступают единицы величин, измерения, средства измерений, эталоны и методики измерений.

Измерение – познавательный процесс, имеющий целью определение характеристик материальных объектов с помощью соответствующих измерительных приборов. Осуществляется этот процесс на эмпирическом уровне.

Такое определение соответствует измерениям (с помощью приборов – технических средств) физических величин.

В соответствии с нормативными документами по метрологии, измерение физической величины – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с её единицей и получение значения этой величины.

Но свойства объектов не всегда характеризуются только физическими величинами.

Предметами познания могут быть как одномерные, так и многомерные свойства объектов и явлений окружающего мира. В теории познания (гносеологии) различают категории качества и количества. Количественными исследованиями занимаются естественные науки, методами исследований служат теория и эксперимент, при этом эксперименты могут выполняться с применением и без применения технических средств.

Так, различают **эксперименты** [1]:

– физический эксперимент – способ познания природы, заключающийся в изучении природных явлений в специально созданных условиях (собственно, так и понимаются измерения в рамках существующих представлений в метрологии);

– компьютерный эксперимент – эксперимент над математической моделью объекта исследования на ЭВМ, который состоит в вычислении по одним параметрам модели других её параметров,

смаивать ее как раздел метрологии (в частности, квалиметрии), определяющий методологию, методический аппарат оценки функционирования (уровня качества) сложных систем и область их применения.

Анализ показал [9], что в рамках «квалиметрии сложных систем» перспективный методический аппарат оценки функционирования (уровня качества) сложных систем (объектов), должен, по возможности, обеспечить:

- понятную и доступную формализацию объекта исследований с определением показателей качества различных уровней и их взаимосвязи;

- комплексную оценку уровня качества систем (объектов) с учетом внутренних и внешних факторов различной физической природы (ФРФП), как параметрических, так и непараметрических, в том числе – нестационарных;

- использование для оценки всей доступной информации на момент оценки информации (детерминированной, расчетной, экспертной);

- возможность (часто – необходимость) использования методов метрологии с возможностью интеграции полученных этими методами результатов в оценку систем;

- возможность оперативного задания исходных данных и получения результатов в масштабе времени, близком к реальному.

Возможность (часто – необходимость) использования методов метрологии важна для оценки при помощи методического аппарата КСС сложных технических, эргатических, организационных и социальных систем.

Очевидно, что методический аппарат КСС, способный проводить оценку уровня качества (и (или) функционирования) сложных систем, будет способен оценивать и уровень качества продукции, а также простых и больших систем.

Литература

1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. -СПб: Питер, 2010.
2. РМГ 29- 2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
3. Субетто А.И. Квалиметрия: малая энциклопедия / А. И. Субетто. – Вып. 1. – СПб. ИПЦ СЗИУ – фил. РАН-ХиГС, 2015. – 244 с.
4. Квалиметрия (электронный ресурс): учебное пособие /В. А. Шапошников. Екатеринбург: Изд-во Российского госуд. проф.-пед. ун-та, 2016. 134 с. Режим доступа: <http://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/20925>.

5. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения.

6. ГОСТ 15895-77. Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения.

7. ИСО 9000: 2005. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

8. Захаров Е.Н. Курс лекций по системному анализу. -Королев, МГОТУ, 2019.

9. Захаров Е.Н., Угнавенко Н.Н., Гомзяков Н.В. Статья на специальную тему. Издательство «Сборник трудов ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, 2021». т.1. – с.74-81.

10. Кириллов, В.И. Квалиметрия и системный анализ: учеб. пособие / В.И. Кириллов. – Минск: Новое знание; -М.: ИНФРА-М, 2011. – 440с. : ил. – (Высшее образование).

11. Чекмарев А.Н. Квалиметрия и управление качеством. ч.1. Квалиметрия: учеб. пособие / А.Н.Чекмарев. – Самара: Изд-во Самар., госуд. аэрокосм. ун-та, 2010. – 172 с.

12. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции: учебное пособие / В.К. Федюкин. -М.: КНОРУС. 2013. -316 с.

Bibliography

1. Shishkin I.F. Theoretical metrology. Part 1. The general theory of measurements: A textbook for universities. 4th ed., reprint. and add. -St. Petersburg: Peter, 2010.
2. RMG 29- 2013 GSI. Metrology. Basic terms and definitions.
3. Subetto A.I. Qualimetry: a small encyclopedia / A. I. Subetto. – Issue 1. – SPb. CPI SZIU – phil. RANEPА, 2015. – 244 p.
4. Qualimetry (electronic resource): textbook / V. A. Shaposhnikov. Yekaterinburg: Publishing House of the Russian State. Prof.-ped. univ., 2016. 134 p. Access mode: <http://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/20925> .
5. GOST 15467-79. Product quality management. Basic terms and definitions.
6. GOST 15895-77. Statistical methods of product quality management. Terms and definitions.
7. ISO 9000:2005. Quality management systems. Basic provisions and dictionary.
8. Zakharov E.N. Course of lectures on system analysis. -Korolev, MGOTU, 2019.
9. Zakharov E.N., Ugnavenok N.N., Gomzyakov N.V. An article on a special topic. Publishing house «Collection of works of FSBI «GNMC» Ministry of Defense of Russia, 2021». vol.1. – pp.74-81.
10. Kirillov, V.I. Qualimetry and system analysis: studies. manual / V.I. Kirillov. – Minsk: New Knowledge; -Moscow: INFRA-M, 2011. – 440s. : ill. – (Higher education).
11. Chekmarev A.N. Qualimetry and quality management. part 1. Qualimetry: studies. manual / A.N.Chekmarev. – Samara: Publishing House of Samara., gov. aerospace univ., 2010. – 172 p.
12. Fedyukin V.K. Qualimetry. Measuring the quality of industrial products: a textbook / V.K. Fedyukin. -M.: KNORUS. 2013. -316 p.

**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МОБИЛЬНОГО
МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОДНОМЕРНОЙ МНОГОЯРУСНОЙ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ
METHODOLOGY FOR SUBSTANTIATING THE STRATEGY OF MAINTENANCE OF A MOBILE METROLOGICAL
COMPLEX BASED ON A ONE-DIMENSIONAL MULTI-TIERED SEMI-MARKOV MODEL**

Ефремов В. А., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Мищенко В. И., д.т.н., профессор, профессор кафедры метрологического обеспечения вооружения военной и специальной техники, Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Гончаров А. П., Управление метрологии ВС РФ, Ткаченко П. А., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
Efremov V. A., Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky,
Mishchenko V. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Metrological Support of Weapons of Military and Special Equipment, Mozhaisky Military Space Academy
Goncharov A. P., Chief Inspector of the Department of Metrology of the Armed Forces of the Russian Federation
Tkachenko P. A., cadet of the Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky
E-mail: E-mail: vka@mil.ru, тел. +7 (963) 317-36-29,
vka@mil.ru, E-mail: vka@mil.ru, E-mail: vka@mil.ru,
E-mail: vka@mil.ru,
tel. +7 (963) 317-36-29

В статье представлена методика обоснования стратегии технического обслуживания, использующая одномерную многоярусную полумарковскую модель процесса эксплуатации мобильного метрологического комплекса и позволяющая рационально распределить поверку рабочих эталонов, входящих в состав мобильного метрологического комплекса, по различным видам обслуживания.

The article presents a methodology for substantiating the maintenance strategy using a one-dimensional multi-tiered semi-Markov model of the operation process of a mobile metrological complex and allowing rationally distributing the verification of working standards that are part of a mobile metrological complex for various types of maintenance.

Ключевые слова: методика, техническое состояние, метрологический комплекс, многоступенчатая полумарковская модель.

Keywords: methodology, technical condition, metrological complex, multi-stage semi-Markov model.

Анализ функционирования мобильных метрологических комплексов (ММК) и эксплуатационной документации на них показывают, что основным содержанием их технического обслуживания (ТО) является контроль технического состояния. При этом основными видами технического обслуживания являются: ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) и номерные технические обслуживания – ТО-1, ТО-2. Причем ТО-2 для ММК проводится только в режиме хранения (например, именно так предусмотрено в эксплуатационной документации на ММК 14Б328 «Кедрач»). Характерной особенностью ММК является то, что вышеуказанный контроль технического состояния сводится к двум мероприятиям. ЕТО – это, как правило, чистка, проверка на включение/выключение, протирка и пылеудаление, а техническое обслуживание – это поверка эталонов, входящих в рабочие места ММК. В тоже время ММК по своим признакам является сложной системой со всеми соответствующими таким объектам свойствами. И одним из главных свойств сложных технических систем военного предназначения является готовность их

к использованию по назначению. Таким образом, системный подход к оценке готовности ММК к использованию по назначению и обоснованию основных системных параметров этого использования не только целесообразен, но и актуален.

Первым этапом исследования сложных технических систем является моделирование процесса их эксплуатации. Одним из перспективных направлений реализации этого этапа является использование теории полумарковских процессов. Именно эта теория позволяет учесть хотя бы толику того многообразия, которое нам дарит природа, негативно воздействуя на надёжность техники. Как показал анализ работ, посвящённых моделированию процесса эксплуатации сложных технических систем, именно полумарковские модели позволяют обосновать периодичность и объём технического обслуживания сложных технических систем, в том числе и ММК, собственно, и составляющих содержание стратегии их технического обслуживания. Вместе с тем, подавляющее число моделей описывают процесс изменения состояния системы в виде процесса поведения некоторого обобщенного параметра, который, выходя за пределы допуска,

Это ограничение учитывает требования обязательной поверки каждого РЭ при каком-либо из видов обслуживания.

$$\sum_{k=1}^N x_{jk} \geq 1, \quad k = (1, \dots, N). \quad (15)$$

Это ограничение означает, что при каждом виде обслуживания для поверки должен включаться хотя бы один из ранее не поверявшихся РЭ.

$$\sum_{j=1}^q T_{kj} x_{jk} \leq T_k^{(TP)}. \quad (16)$$

Это ограничение обусловлено тем, что продолжительность обслуживания регламентируется боевой обстановкой в военное время и требуемым уровнем мобилизационной готовности в мирное время.

$$Z_S > 0$$

Решение этой сложной оптимизационной задачи может быть получено при использовании метода поэтапной последовательной максимизации среднего времени пребывания в работоспособном состоянии и фиксированном значении срока службы, суть которого состоит в следующем.

Вначале фиксируется число видов обслуживания. Далее в качестве начальной совокупности периодов обслуживания используется набор, реализуемый на практике для большинства комплексов (например: контрольный осмотр или ЕТО, ТО1, ТО2), поверки РЭ которых распределены по различным видам обслуживания. Теперь при фиксированных N, T_{CP}, Z осуществляется распределение поверок РЭ по видам обслуживания. Процедура является итерационной. Вначале обнуляется матрица $\{x_{jk}\}, k = (1, \dots, N), j = (1, \dots, q)$. На первом шаге присваивается значение единицы всем элементам первой строки, соответствующей наименьшему по периодичности виду обслуживания ЕТО, т. е. $x_{j1} = 1, j = (1, \dots, q)$. На втором и последующих шагах последовательно присваивается значение единицы элементам матрицы $x_{j+1, k+1}, k = (1, \dots, N), j = (1, \dots, q)$, что соответствует перераспределению проверок по видам контроля различной периодичности от наименьшей до наибольшей и вычисляются приращения $\Delta T_p(x_{j1})$ целевой функции (9). Перераспределение проверок продолжается до тех пор, пока $\Delta T_p(x_{j1}) > 0$. Здесь же производится вычисление значений коэффициента готовности K_r , его приращений ΔK_r , вариантов распределения поверок РЭ по видам обслуживания.

Процедура заканчивается при выполнении ограничений (14) и (15). После этого проверяется выполнение остальных ограничений.

Четвертый этап – отыскание рациональных значений \bar{X}, \bar{Z}, N по максимуму K_r .

Пятый этап – перерасчет распределения полноты контроля при невыполнении ограничений (16), если они присутствуют.

В случае неудовлетворения ограничений (16), например, по p -му ограничению, то осуществляется перераспределение проверок по видам контроля по следующему алгоритму. Отыскивается набор (j^*, m^*, m^{**}) , для которого

$$\frac{\Delta Q^{(p)}(j^*, m^*, m^{**})}{\Delta T_p(j^*, m^*, m^{**})} = \max_{(j, m, m^*)} \frac{\Delta Q^{(p)}(j, m, m^*)}{\Delta T_p(j, m, m^*)},$$

где $\Delta T_p(j, m, m^*)$ – снижение значения целевой функции (10) при указанном выше распределении. Процедура перераспределения продолжается до тех пор, пока ограничение не окажется выполненным.

Таким образом, рациональный вариант организации обслуживания отыскивается в соответствии с требованиями, предъявляемыми к уровню готовности метрологического комплекса (значение K_r).

Литература

1. Кудрицкий В.Д. Прогнозирующий контроль радиоэлектронных устройств. – К.: Техника, 1982. – 168с.
2. Мищенко В.И., Храмов М.Ю. Проблематика эксплуатации сложных технических систем. Санкт-Петербург: Политехника сервис. – 2016. – 218с.
3. Ефремов В.А., Полумарковская модель процесса функционирования средств измерений / В.А. Ефремов, В.И. Мищенко, И.В. Мищенко // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль № 3, 2022. С. 43–54.
4. Мищенко В.И., Полумарковская модель функционирования резервируемых средств измерений с учетом периодичности поверки / В.И. Мищенко, А.Н. Кравцов, Т.Ф. Мамлеев // Измерительная техника № 4, 2021. С. 22–27.
5. Шуенкин В.А., Донченко В.С. Прикладные модели теории массового обслуживания. – К.: НМК ВО, 1992. – 398с.

Literature

1. Kudritskiy V.D. Predictive control of radio-electronic devices. – K.: Technika, 1982. – 168s.
2. Mishchenko V.I., Khramov M.Yu. Problems of operation of complex technical systems. Saint Petersburg: Polytechnic Service. – 2016. – 218s.
3. Efremov V.A., Mishchenkov I.I., Mishchenko I.V. Semimarkovskaya model of the process of functioning of measuring instruments // Measurements. Monitoring. Management. Control No. 3, 2022. pp. 43–54.
4. Mishchenko V.I., Kravtsov A.N., Mamleev T.F. Semi-Markov model of functioning of redundant measuring instruments taking into account the frequency of verification // Measuring Equipment No. 4, 2021. pp. 22–27.
5. Shuenkin V.A., Donchenko V.S. Applied models of queuing theory. – K.: NMK VO, 1992. – 398s.

УДК. 006.91

**ОБЗОР МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ
В ЯПОНИИ НА ОСНОВЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ ФУДЖИ ЭЛЕКТРИК (ТОКИО)
OVERVIEW OF METROLOGICAL SUPPORT OF IONIZING RADIATION MEASURING INSTRUMENTS IN JAPAN,
BASED ON THE ACTIVITIES OF FUJII ELECTRIC CO., LTD TOKYO BRANCH**

Чумаков В.В., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
V. Chumakov, Federal State Budgetary Institution «Metrology Scientific Head Center» Russian Federation
Ministry of Defense тел. 8(495)586-25-77, vchumakov57@mail.ru

Осуществлен обзор технических возможностей проведения работ по метрологическому обеспечению средств измерений ионизирующих излучений ведущего производителя дозиметрических приборов и оборудования в Японии компании Фуджи Электрик».

A review of the technical possibilities of carrying out work on metrological support of ionizing radiation measuring instruments of the leading manufacturer of radiation measurement devices and equipment in Japan, Fuji Electric Co., ltd, has been carried out.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, поверочная установка, магазин источников.
Keywords: metrology support, calibration facility, source vessel.

Метрологическое обеспечение средств измерений ионизирующих излучений в Японии основывается на жестком соблюдении государственных стандартов и правил, разработанных на основе их международных аналогов. Основным органом, отвечающим за хранение и использование государственных (первичных) стандартов, разработку методик и лицензирование проводимых работ, является Национальный метрологический институт Японии (как составная часть Национального института передовых промышленных наук и технологий, Токио) [1]. Хранителем вторичных эталонов в области измерений ионизирующих излучений и первичных эталонов ионизирующих нейтронных излучений является Национальный институт радиационных наук (Токио), в частности, его Департамент радиационных измерений и дозовых оценок [2].

Непосредственная поверка дозиметрических приборов проводится с помощью вторичных эталонов на базе специализированных аккредитованных лабораторий. Состав и технические возможности одной из таких лабораторий можно рассмотреть на базе одного из крупнейших в Японии производителя дозиметрических приборов и оборудования компании «Фуджи Электрик» (Токио) [3]. Непосредственной работой по поверке радиационных приборов занимается ее филиал: «Фуджи Электрик» Системз (Токио) [4].

На рисунке 1 представлен план двухэтажного лабораторного корпуса компании, на котором указаны залы с находящимися в них калибровочно-поверочными установками, комнаты мониторинга процессов измерений и различными вспомогательными помещениями.

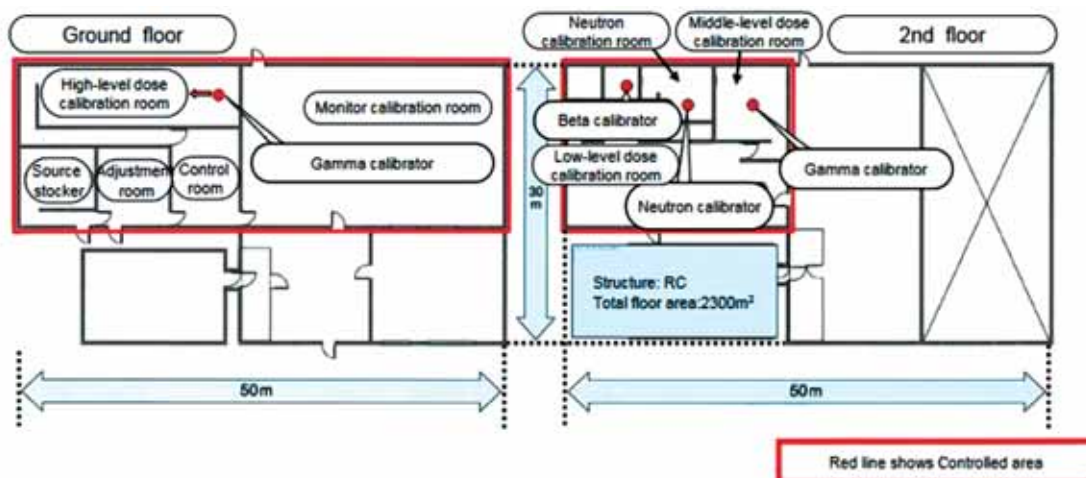


Рисунок 1 – План лабораторного корпуса компании «Фуджи Электрик»

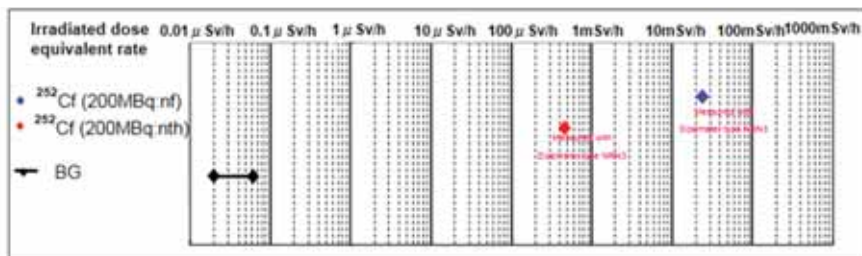


Рисунок 7 – Характеристики эталонных источников нейтронного излучения

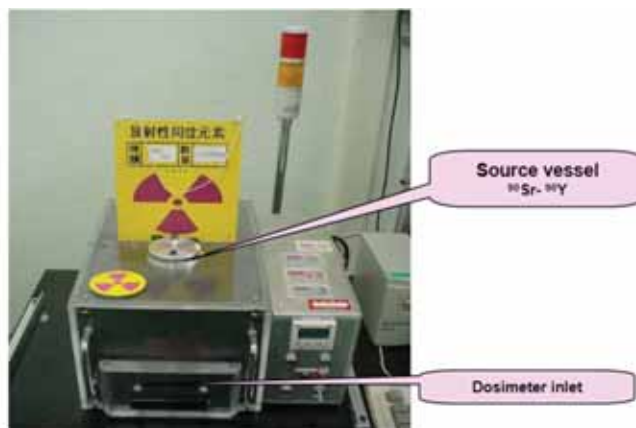


Рисунок 8 – Калибровочно-поверочная бета-установка (Тип № 92–62)

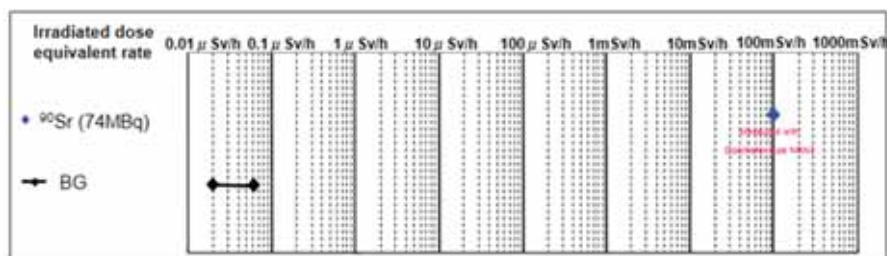


Рисунок 9 – Характеристика эталонного источника бета-излучения

Рисунок 9 показывает активность бета-источника и наводимый им уровень радиации.

Таким образом:

– в Японии создана на законодательном уровне и функционирует строгая система стандартов, эталонов, методик, лицензий и аккредитаций, позволяющая осуществлять метрологическое обеспечение средств измерений, в том числе и средств радиационных измерений;

– одним из ведущих производителей радиационных приборов и работ, связанных с их проверкой и калибровкой в Японии является компания «Фуджи Электрик» (Токио), которая имеет широкий спектр поверочных устройств и эталонных источников ионизирующих излучений;

– достойно внимания техническое решение калибровочно-поверочной гамма-установки (Тип № 92–53), которая позволяет осуществлять проверку одновременно до 50 индивидуальных дозиметров гамма-излучения.

Литература

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology [Электронный ресурс] – URL: <http://www.aist.go.jp> (дата обращения 13.01.2023)
2. National Institute of Radiological Sciences [Электронный ресурс] – URL: <https://www.qst.go.jp> (дата обращения 03.02.2023)
3. Fuji Electric Global [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fujielectric.com/products> (дата обращения 27.01.2023)
4. Traceability of calibration facility [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fujielectric.com> (дата обращения 20.01.2023)

РЕАЛИЗАЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ГРАДУИРОВКИ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ВИБРОСТЕНДА И ИЗМЕРИТЕЛЯ ЛАЗЕРНОГО ТРИАНГУЛЯЦИОННОГО
IMPLEMENTATION OF LOW FREQUENCY CALIBRATION OF VIBRATION TRANSDUCERS WITH THE USE OF AN ELECTRODYNAMIC VIBRATION STAND AND MEASUREMENT OF LASER TRIANGULATION

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
 тел. 89269316925, эл. почта: original.rus@mail.ru, SPIN-код: 1847-6285
 тел. 89104311244, эл. почта: rusregister.ano@mail.ru, SPIN-код: 3215-2882
 тел. 89160407904, эл. почта: 3260vvs@mail.ru SPIN-код: 5968-1254
 Kuvykin Yu.A., Candidate of Technical Sciences, FSBI «MSHC» RFMD
 Olkhovsky A.N., Candidate of Technical Sciences, FSBI «MSHC» RFMD
 Suprunyuk V.V., Doctor of Technical Sciences, FSBI «MSHC» RFMD

Приведены результаты практической реализации низкочастотной градуировки вибропреобразователей с применением электродинамического вибростенда и измерителя лазерного триангуляционного. Результаты показывают, что градуировку вибропреобразователей можно проводить на отечественном оборудовании поверочных лабораторий в расширенном диапазоне частот от 5 до 0,5 Гц с требуемой точностью без применения длинноходовых вибростендов.

The results of the practical implementation of low frequency calibration of transducers using an electrodynamic vibration stand and a laser triangulation meter are presented. The results of calibration of vibration transducers can be carried out on domestic equipment of calibration laboratories in an extended frequency range from 5 to 0.5 Hz with the required care without the use of long-stroke vibration stands.

Ключевые слова: вибропреобразователь, низкочастотная градуировка, частотная характеристика, электродинамический вибростенд, триангуляция.

Keywords: vibration transducer, low frequency calibration, frequency response, electrodynamic vibration stand, triangulation.

Вибропреобразователи широко применяются для проведения различных вибрационных измерений как отдельно, так и в составе виброметров, анализаторов вибрации, измерительных комплексов и систем. Основной метрологической характеристикой вибропреобразователя является его коэффициент преобразования. В процессе эксплуатации вибропреобразователя используется и периодически контролируется частотная характеристика (зависимость коэффициента преобразования от частоты виброускорения).

Частотная характеристика (ЧХ) вибропреобразователя определяется при производстве, испытаниях в целях утверждения типа и поверке. Такую операцию принято называть градуировкой вибропреобразователя. По результатам определения ЧХ рассчитывается неравномерность частотной характеристики вибропреобразователя, которая является наиболее значимой составляющей суммарной погрешности. В соответствии с ГОСТ Р 8.669–2009 [1] определение ЧХ вибропреобразователя проводится методом сравнения с эталонным вибропреобразователем на центральных частотах 1/3-октавного ряда, и

коэффициент преобразования на каждой частоте вычисляется по формуле:

$$K_d = U_B / A_d, \quad (1)$$

где K_d – действительное значение коэффициента преобразования поверяемого вибропреобразователя, мВ/м·с⁻²; A_d – значение виброускорения, задаваемое поверочной виброустановкой, т.е. показания эталонного вибропреобразователя виброустановки, м/с²; U_B – значение напряжения, измеренное с выхода поверяемого вибропреобразователя, мВ (для зарядовых вибропреобразователей коэффициент преобразования выражается в пКл/м·с⁻² с дальнейшим приведением к мВ/м·с⁻² с применением усилителей заряда или конвертеров).

Нижний предел диапазона частот для большинства измерительных задач, решаемых с применением вибропреобразователей, составляет 0,5 Гц, а для некоторых специальных измерений требуется диапазон частот с нижним пределом 0,1 Гц. При этом в базовых вариантах зарубежных и отечественных поверочных виброустановок для градуировки вибропреобразователей в диапазоне частот от 5 до 20000 Гц используются электродинамические вибростенды.

измерений без применения длинноходовых вибростендов.

Результаты экспериментов показали:

1. Нижняя частота градуировки вибропреобразователей и акселерометров с коэффициентом преобразования от 1 до 10 пКл м·с⁻² (10 мВ/ м·с⁻²) составила 1,6 Гц.

2. Для вибропреобразователей и акселерометров с коэффициентом преобразования более 10 пКл/ м·с⁻² (10 мВ/ м·с⁻²) нижняя частота градуировки составила 0,5 Гц.

3. Масса и габаритные размеры высокочувствительных низкочастотных вибропреобразователей могут в 10 раз превышать массу эталонного кварцевого вибропреобразователя и иметь больший диаметр основания, что требует применения специального адаптера (рисунок 2) при проведении низкочастотной градуировки.

4. Время, затраченное на проведение градуировки, а не измерений с применением измерителя лазерного триангуляционного РФ603 в диапазоне частот от 0,5 до 10 Гц незначительно, больше, чем при проведении измерений с длинноходовым вибростендом.

5. Подтверждена возможность применения системы ВС-321 (рабочий эталон второго разряда) с измерителем лазерным триангуляционным РФ603 в качестве рабочего эталона первого разряда по [4] в диапазоне частот от 5 до 10 Гц.

Таким образом, результаты исследований позволяют рекомендовать применение реализованной низкочастотной градуировки вибропреобразователей на рабочих эталонах второго разряда в практике поверочных лабораторий без применения длинноходовых вибростендов с учетом указанных выше результатов исследований.

Перспективным направлением дальнейших исследований может служить разработка и развитие алгоритмов и методик низкочастотной градуировки с применением широкополосных сигналов возбуждения вибростендов для сокращения времени поверки, а также проведение дополнительных исследований по расширению диапазона частот до 0,1 Гц с применением измерителя лазерного триангуляционного.

Литература

1. ГОСТ Р 8.669–2009 ГСИ. Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихретоковыми вибропреобразователями. Методика поверки [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2010. – 103 с.
2. Garg, Naveen and Mark I. Schiefer. “Low frequency Accelerometer Calibration using an optical encoder sensor.” *Measurement* 111 (2017): 226–233. DOI:10.1016/J.MEASUREMENT.2017.07.031. Corpus ID: 115567892.
3. Триангуляционные лазерные датчики серии РФ603. Руководство по эксплуатации. Версия документа 5.1.0 от 29.01.2019. – 46 с.
4. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» [Текст]: Москва, 2018. – 9 с.
5. Установки вибрационные поверочные ZET 424. Описание типа. Регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 84472–22. Утверждено приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.01.2022 г. № 182, 2022. – 11 с.

Literature

1. GOST R 8.669–2009 GSI. Vibrometers with piezoelectric, induction and eddy current vibration transducers. Verification method [Text]. – M.: Standartinform, 2010. – 103 p.
2. Garg, Naveen and Mark I. Schiefer. “Low frequency Accelerometer Calibration using an optical encoder sensor.” *Measurement* 111 (2017): 226–233. DOI:10.1016/J.MEASUREMENT.2017.07.031. Corpus ID: 115567892.
3. Triangulation laser sensors RF603 series. Manual. Document version 5.1.0 dated 01/29/2019. – 46 p.
4. Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 27, 2018 No. 2772 “On approval of the state verification scheme for measuring instruments for vibration displacement, vibration velocity, vibration acceleration and angular acceleration” [Text]: Moscow, 2018. – 9 p.
5. Vibration testers ZET 424. Description of the type. Registration number in the federal information fund to ensure the uniformity of measurements 84472–22. Approved by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 26, 2022 No. 182, 2022. – 11 p.

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЕДИНИЦ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМ СИСТЕМАМ METHOD OF COMPLEX TRANSFER OF UNITS OF PHOTO-METRICAL MAGNITUDES TO OPTOELECTRONIC SYSTEMS

*Шарганов К.А., к.т.н., Осина А.А., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Воейко О.А., к.т.н.,
ГБОУ ВО МО «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза А.А. Леонова»
Sharganov K.A., k.t.s., Osina A.A., FSBI «GSMC» of Ministry of Defence of Russia (Mytishchi, Moscow region),
Voeyko O.A., SBEI HE MR «Hero of the Soviet Union Leonov Technological Univercity» (Korolyov, Moscow region)
Телефон: +7 964 501 86 32; +7 926 673 58 72; +7 903 750 03 70
E-mail: ktm.gnmc@yandex.ru; osina-alla@mail.ru voeyko@ut-mo.ru*

Приведены результаты анализа оптико-электронных систем. Описаны требования к метрологическим и техническим характеристикам, а также предложен метод комплексной передачи единиц величин оптико-электронным системам специального назначения.

Optoelectronic systems analysis results is given. The requirements to metrological and technical characteristics are described. A method of complex transfer of units of photo-metrical magnitudes to special purpose optoelectronic system is offered.

Ключевые слова: оптико-электронные системы, метрологическое обеспечение, система комплексной передачи единиц фотометрических и энергетических величин.

Keywords: optoelectronic, metrological assurance, system of complex transfer of units of photo-metrical magnitudes to special purpose optoelectronic system is offered.

Для решения задач обнаружения и пеленгации целей в составе систем управления и наведения образцов специальной техники (СТ) применяются оптико-электронные системы (ОЭС). Предназначение ОЭС – формирование видимого изображения объектов комплексированием обработки приемных каналов технического зрения. В данные каналы поступает совокупность измерительной информации, полученной от УФ, ВД, ИК-диапазонов и дальномерных лазерных приборов.

Для вертолётов специального назначения ОЭС являются важнейшей функциональной составляющей комплексов бортового радиоэлектронного оборудования и бортовых комплексов обороны [1]. Типы ОЭС вертолетов приведены на рисунке 1.

К основным требованиям по совершенствованию современных вертолётных ОЭС относятся [1]:

– встраивание в моноблок гиростабилизированной платформы 4-х информационных оптических каналов;

– обеспечение комплексирования разноспектральных изображений и реализация режима «картинка в картинке»;

– обеспечение возможности автоматического обнаружения, распознавания и идентификации типовых целей;

– реализация возможности комплексирования изображения от оптических и радиолокационных информационных каналов;

– возможность применения гиперспектральных каналов (УФ, ВД, ИК, радиодиапазоны) для обнаружения целей;

– обеспечение точности стабилизации линии визирования гиростабилизированной платформы;

– обеспечение углов обзора в диапазоне $\pm 360^\circ$ и скорости переброса линии визирования.

В настоящее время требования к метрологическим и техническим характеристикам ОЭС постоянно повышаются. Основные метрологические характеристики указаны в таблице 1.

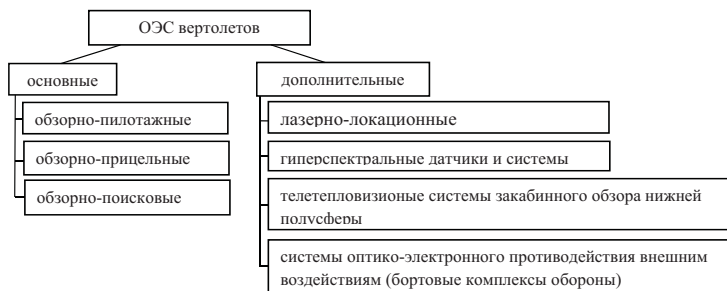


Рисунок 1 – Классификация типов ОЭС вертолетов

При комплексировании изображений в многоспектральных ОЭС предполагается, что повышение эффективности распознавания достигается за счет суммирования параметров информационных признаков объектов (например, их яркости в различных спектральных диапазонах). Однако, процедура комплексирования информации связана с проблемой объективной оценки качества получаемого изображения и его пригодности для дальнейшего анализа и дешифрования. Под комплексированием в данном случае понимается такое совмещение нескольких изображений, которое приводит к повышению их информативности по сравнению с исходными. Излучение объекта наблюдения можно описать совокупностью изменяемых информационных параметров (интенсивность излучения, температура, спектральный состав и т.д.).

К операциям первичной (периодической) аттестации относятся: проверка документации на стенд ОЭС, внешний осмотр, проверка выполнения требований безопасности, опробование, контроль параметров, характеризующих условия проведения аттестации, определение метрологических характеристик стенда ОЭС при работе с телевизионными тест-объектами (ТлТО) видимого диапазона длин волн; определение пространственной частоты мир ТлТО; определение коэффициентов отражения светлых и темных полос мир ТлТО; определение освещенности мир ТлТО в режимах питания ламп подсветки; определение цветовой температуры ламп подсветки; определение коэффициента пропускания оптической системы коллиматора; определение метрологических характеристик стенда ОЭС при работе с тепловыми тест-объектами (ТТО); определение пространственной частоты мир ТТО; определение зависимости напряжения датчиков температуры от разности радиационных температур «мира-фон» ТТО; определение коэффициента пропускания оптической системы коллиматора; определение разрешающей способности коллиматора в видимом диапазоне.

В целях недопущения засветок оптических каналов от источников излучения, работающих на различных физических принципах и «перехлеста» оптических диапазонов ОЭС, це-

лесообразно проводить исследование метрологических характеристик данной аппаратуры с одновременным использованием транспортируемых комплектов эталонов. К данным комплектам относятся эталоны-переносчики из состава:

- вторичного эталона единиц радиационной температуры и энергетической яркости;
- вторичного эталона единиц световых и энергетических величин в видимом диапазоне спектра;
- вторичного эталона единиц энергетических величин в ультрафиолетовом диапазоне спектра;
- вторичного эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения;
- вторичного эталона пространственно-энергетических характеристик импульсного лазерного излучения.

Литература

1 Бельский А.Б. Задачи и требования современных и перспективных вертолетных оптико-электронных систем. Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки [текст]: Сб. науч. ст. по материалам докл. III Всероссийской НПК «АВИАТОР» (11–12 февраля 2016 г.): В 2-х т. Т. 1. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 248 с.

2 Шарганов К.А., Клейменов Ю.А. Метрологические аспекты испытаний тепловизионных наблюдательных приборов // Известия инженерной физики. 2017. № 4. С. 15–17.

3 Шарганов К.А. Особенности нормирования точностных характеристик инфракрасных коллиматорных стендов // Вестник метролога, 2017. № 1. С. 7–10.

Literature

1 Belsky A. B. Tasks and requirements to modern and promising helicopter opto-electrical systems. Actualised issues of avionics researches: theory, service, development [text]: III National SPC «AVIATOR» (February 11–12, 2016) scientific articles collection in 2 volumes. Volume 1 – Voronezh: MESCAF «Air Force Academy», 2016, p. 248.

2 Sharganov K.A., Kleymyonov Y.A. Metrologic aspects of thermal imaging observation devices examination // Engineering physics news. 2017. No 4. P. 15–17.

3 Sharganov K.A. Features of rationing of accuracy characteristics of infrared collimator stands // Metrologist herald, 2017. No 1. P. 7–10.

ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ PULSE WIDTH ESTIMATION USING REFERENCE SIGNALS

Голик А.М.³, д.т.н., профессор, Дворников С.В.^{1,2}, д.т.н., профессор, Клейменов Ю.А., д.т.н.,
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Крячко А.Ф.¹, 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 института войск национальной гвардии Российской Федерации
Golik A.M.³, d.t.s., St. Petersburg Military Institute of the National Guard forces of the Russian Federation, Dvornikov S.V.^{1,2}, d.t.s.,
professor, Kleymenov Yu.A., d.t.s., Federal State Budgetary Institution «Metrology Scientific Head Center» Russian Federation

Ministry of Defense, Kryachko A.F.¹, d.t.s., professor, Dvornikov S.S.^{1,2}

¹ – St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

² – Military Communication Academy

³ – St. Petersburg Military Order of Zhukov Institute of the National Guard of the Russian Federation.

E-mail: metr1956@yandex.ru, Телефон: +7 911 293 27 96,

E-mail: practicsdv@yandex.ru, Телефон 8 812 247 94 00,

E-mail: ura19572006@yandex.ru, E-mail: alex_k34.ru@mail.ru,

Телефон 8 (812) 247 94 00, E-mail: dvornik92@mail.com, Telephone: 8(812) 247 98 20

E-mail: suslin-sasha33@yandex.ru

8(964)392-22-35

Предлагается способ оценки временных параметров импульсов с рандомизированной длительностью на основе обработки функций взаимной корреляции. Обоснован выбор параметров эталонных сигналов и условий, обеспечивающих требуемое качество измерений. Рассмотрены основные процедуры, раскрывающие сущность разработанного подхода, и демонстрируются результаты аналитического моделирования при их практической реализации. Определены допущения, характеризующие точность получаемых оценок. Сформулированы направления дальнейших исследований.

A method is proposed for estimating the temporal parameters of pulses with a randomized duration based on the processing of cross-correlation functions. The choice of parameters of reference signals and conditions providing the required quality of measurements is substantiated. The main procedures that reveal the essence of the developed approach are considered, and the results of analytical modeling during their practical implementation are demonstrated. The assumptions characterizing the accuracy of the obtained estimates are determined. Directions for further research are formulated.

Ключевые слова: функция взаимной корреляции, измерение длительностей импульсов, корреляционная обработка сигналов.

Keywords: cross-correlation function, measurement of pulse durations, correlation signal processing.

Введение

Корреляционная обработка сигналов находит широкое применение в измерительной технике [1, 2], в том числе при оценке длительностей импульсов [3, 4]. Данная проблематика достаточно глубоко изучена и подробно рассмотрена [5–7]. Вместе с тем в доступной литературе, как правило, описываются классические методы корреляционных измерений с общих позиций их применения к типовым сигналам [8]. Такой подход позволяет раскрыть их сущность и понять физику процесса. Однако на практике приходится сталкиваться с различными типами сигналов, для которых в справочной литературе не приведены корреляционные отклики [9–11]. Указанные обстоятельства стимулируют к разработке новых прагматичных методов корреляционных измерений временных параметров таких сигналов, которые, с одной стороны, позволяли бы получить желаемый

результат, а с другой не были сложны в реализации [12]. В предлагаемой работе представлен подход к измерению параметров пачки импульсов с рандомизированной длительностью в условиях априорной неопределенности об их временных параметрах.

Научно-методический аппарат корреляционных измерений временных параметров сигналов

В основе корреляционной обработки лежит аналитический аппарат вычисления функции взаимной корреляции [13, 14], согласно которому функция взаимной корреляции (ФВК) может быть рассчитана в соответствии с выражением

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

Список литературы

1. Крат Н.М. Применение векторных анализаторов цепей при калибровке задержки в имитаторах сигналов спутниковых радионавигационных систем // Космические аппараты и технологии. 2020. Т. 4. № 2 (32). С. 116–122.
2. Вашкевич С.А., Крисенко Ю.Ю. Корреляционный способ измерения радиального ускорения аэродинамического объекта // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9. № 5. С. 69–74.
3. Витрик О.Б., Ланцов А.Д. Корреляционный метод обработки спекловой картины сигналов одноволоконных многомодовых интерферометров с использованием приборов с зарядовой связью // Квантовая электроника. 2006. Т. 36. № 4. С. 339–342
4. Бычков А.В., Славутский Л.А. Возможности корреляционной обработки импульсных ультразвуковых сигналов при бесконтактном виброконтроле оборудования электроэнергетики // Вестник Чувашикого университета. 2018. № 3. С. 24–32.
5. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 228 с.
6. Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – Перевод с англ. – М.: «Постмаркет», 2000. – 352с.
7. Володарский В.Я. Метрология. Теория и практика. – М.: 2000. – 207 с.
8. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
9. Алексеев А.А., Аладинский В.А., Железняк В.К., Комарович В.Ф., Дворников С.В. Применение методов частотно-временной обработки акустических сигналов для анализа параметров реверберации // Научное приборостроение. 2001. Т. 11. № 1. С. 65–76.
10. Агиевич С.Н., Дворников С.В., Гусельников А.С. Описание сигналов в базисах функций сплайн-Виленкина-Кристенсона // Контроль. Диагностика. 2009. № 3. С. 52–57.
11. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. – М.: Мир, 1983, – 256 с.
12. Голик А.М., Толстуха Ю.Е., Дворников С.В., Клейменов Ю.А., Суслин А.В. Измерение временных параметров сигналов в условиях высокой интенсивности шумов // Вестник метролога. 2022. № 1. С. 9–12.
13. Голик А.М., Дворников С.В., Клейменов Ю.А., Суслин А.В. Предложения по измерению начальной фазы радиоимпульсов на основе функций взаимной корреляции // Вестник метролога. 2022. № 2. С. 5–8.
14. Дворников С.В., Пшеничников А.В. Формирование спектрально-эффективных сигнальных конструкций в радиоканалах передачи данных контрольно-измерительных комплексов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2017. Т. 60. № 3. С. 221–228.
15. Михайлов В.Ю. Оценка двумерной функции взаимной корреляции кодированных сигналов // Известия Института инженерной физики. 2012. № 1 (23). С. 37–39.
16. Корольков А.И., Князева К.С., Шуруп А.С. Теоретические и экспериментальные исследования корреляционных характеристик сигналов, отраженных вращающимся винтом // Акустический журнал. 2020. Т. 66. № 6. С. 681–689.
17. Дворников С.В., Бородин Е.Ю., Маджар Х., Махлуф Ю.Х. Частотно-временное оценивание параметров сигналов на основе функций огибающих плотности распределения их энергии // Информация и космос. 2007. № 4. С. 41–45.
18. Денисов В.Е. Корреляция между входным и выходным сигналами гидроакустического канала связи при входном сигнале в виде высокочастотного акустического импульса с синусоидальной огибающей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» «РАДИОИНФОКОМ-2019». Сборник научных статей IV Международной научно-практической конференции. 2019. С. 282–287.
19. Дворников С.В., Духовницкий О.Г. Оценка помехозащищенности профессионального радионавигационного оборудования системы ГЛОНАСС // Информация и космос. 2015. № 4. С. 73–77.
20. Дворников С.В. Теоретические основы синтеза билинейных распределений энергии нестационарных процессов в частотно-временном пространстве (обзор) // Труды учебных заведений связи. 2018. Т. 4. № 1. С. 47–60.

НОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ, НОВЫЕ НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ И СПОСОБЫ ИХ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНОЙ, ОПТИЧЕСКОЙ И ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ВЕДУЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ.
THE NEW DESIGN DECISIONS, THE NEW SCIENTIFIC PROBLEMS AND WAYS THEIR EFFICIENT USING ON MODERN STAGE IN THE FIELD OF LAZER, OPTICAL AND OPTIC-PHYSICAL TECHNOLOGY OF THE LEADING ENTERPRISE TO RUSSIA.

Надеин В.В., к.п.н., доцент, Решетников А.А., к.т.н., ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
Nadein V.V., k.p.s., Reshetnikov A.A., k.t.s., FSBI «MSMC» of the Ministry of Defense of the Russian Federation
Nadein_vl@mail.ru; resh_al@list.ru
tel. 8(495)586-23-88, +79258551801

Ключевые слова: излучение, оптический элемент, спутниковая аппаратура, инерциальные навигационные системы, эталон координат местоположения

Keywords: radiation, optical element, satellite equipment inertial navigational systems, standard of the coordinates of the location

Выставка «Фотоника-2023», прошедшая в «ЭКСПОЦЕНТРЕ» с 28 по 31 марта на Красной Пресне, представленная Россией, Белоруссией, Арменией и Китаем, была также многочисленной по посещению и проявленному интересу, как и в предыдущие годы. Вниманию участников и посетителей предлагались краткие обзоры новых продуктов, технических решений, разработок, которые уже применяются и, которые будут реализованы в ближайшем будущем.

The "Photonics-2023" exhibition, which took place in "Expocentre" from March 28 to March 31 in Red Fresh, represented Russia, Belarus, Armenia, and China. It was also popular among visitors and generated a lot of interest, just like in previous years. Participants and visitors were presented with brief overviews of new products, technical solutions, and developments that are already in use and will be implemented in the near future.

Среди участников выставки в 2023 году – представители следующих компаний и организаций: «Швабе», АО «Концерн «ВКО «Алмаз-Антей», ФГУП «ВНИИФТРИ», НПО «Энергомаш», Казанский вертолетный завод, ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова, ПАО «Северсталь», ОАО «Бортовые аэронавигационные системы», АО «Корпорация «Комета», АО «Российские космические системы», ПАО «НПО «Алмаз», ООО «Русатом – Аддитивные технологии», АО «Концерн «Калашников» и др. ООО «Мировые лазерные системы», Компания «ИНТЕХ.Рус», ООО Лазерный центр», ООО «ЛИАССАРД» и другие.

Деловая программа выставки «Фотоника-2023» включала 27 мероприятий: научно-практические конференции, заседания и круглые столы, которые позволили специалистам обсудить развитие фотоники в новых экономических условиях, перспективные отраслевые проекты, возможности китайско-российского сотрудничества в области фотоники, кадровые вопросы отрасли и другие важные темы.

Один из разработчиков России представил детекторы одиночных фотонов – замена иностранным устройствам в области квантовых технологий.

Детекторы одиночных фотонов являются ключевым компонентом в системах квантовой криптографии – программно-аппаратных комплексах, которые опираются на фундаментальные законы квантовой механики для организации секретной передачи данных между пользователями. Именно детекторы используются при распределении секретного ключа в системе и фиксируют квантовые состояния.

Наряду с квантовой криптографией, детекторы одиночных фотонов находят применение в различных научных и промышленных областях: в телекоммуникациях, спектроскопии, разработке лекарственных препаратов, анализе ДНК, в системах газового мониторинга, флуоресцентной микроскопии, а также в производстве лидаров – ключевом сенсоре беспилотных автомобилей.

Произведенные в России детекторы по своим характеристикам не уступают зарубежным аналогам. Использование отечественных устройств позволяет получать оперативную техническую поддержку при закрытии иностранных представительств.

Компания POLARUS (ООО «Поларус») – российский разработчик и производитель волоконных лазерных источников ультракоротких импульсов и электроники. В линейке продуктов компании три пикосекундных лазерных источника с различной выходной средней мощностью до 50 Вт и энергией в импульсе до 20 мкДж. В 2022 году начата разработка мощного лазера с длительностью импульса <10 пикосекунд и энергией в импульсе до 50 мкДж. В качестве дополнительных опций можно добавить генератор 2 гармоник или селектор импульса. ООО «Поларус» также адаптирует лазерные источники под индивидуальные задачи заказчиков, проводит микрообработку различных материалов – керамики, полупроводников, стекол, пластиков, пленок.

Линейка продуктов:

- PL Beta – применение: резка, скрайбирование, микрообработка, маркировка (длина волны, нм – 1 030/1 064; средняя мощность, Вт – <50; длительность импульса, пс – <40; частота следования импульса, МГц 1–10 МГц; энергия в импульсе, мкДж <20).

- PL Delta – применение: сквозная резка полупроводников, стекол (длина волны, нм – 1 064; средняя мощность, Вт – <50; длительность импульса, пс – <10; частота следования импульса, МГц 0–1 МГц; энергия в импульсе, мкДж <50).

- LaserControlSystem (LCS) – комплект электронных модулей – предназначен для управления и питания электронных компонентов импульсных лазеров средней и малой выходной мощности, в частности, для управления полупроводниковыми лазерными диодами накачки и задающего осциллятора (SEED). Комплект LCS включает в себя:

- драйвер лазерного диода «бабочка»;
- драйвер задающего лазерного диода;
- драйвер мощных лазерных диодов;
- генератор электрических импульсов и задержек.

Все устройства имеют стандартную общую шину управления и универсальный графический интерфейс для гибкого конфигурирования.

В связи с тем, что зарубежные компании-разработчики покинули российский рынок и кратко сократили объемы поставок, российские предприятия столкнулись со значительной нехваткой комплектующих, что подтолкнуло специалистов в области оптики и фотоники к созданию аналогов. Специалистами АО «ЛЛС» (один из крупнейших российских дистрибьюторов фотоники и лазерных систем) и

QRate (отечественный вендор высокотехнологичного оборудования в области квантовых коммуникаций, резидент «Сколково» с 2015 года) был проведен детальный сравнительный анализ детекторов одиночных фотонов компании IDQuantique (Швейцария), который показал практически полную взаимозаменяемость, а это серьезные перспективы как в развитии российской квантовой отрасли, так и в возможном экспорте данного оборудования в дружественные страны, такие как Индию и Китай. Около 30 китайских компаний представили на выставке свои разработки.

Для отечественных высокотехнологичных предприятий стратегически важно налаживание взаимовыгодного научно-технического сотрудничества и производственной кооперации с ведущими китайскими производителями и научно-исследовательскими организациями.

Во-первых, это дает возможность отечественным предприятиям заместить как различные виды дорогостоящего промышленного оборудования, комплектующих, материалов, импортируемых с Запада, альтернативными независимыми от режимов санкций поставками из КНР по умеренным ценам, и, в результате, снижение себестоимости, так и лучшее конкурентное положение отечественной продукции на быстроизменяющемся мировом рынке.

Во-вторых, имеются широкие перспективы проведения как совместных НИОКР в высокотехнологических областях – лазерной технике, нанотехнологиях, биотехнологиях, информационных технологиях и др., активно развивающихся в КНР, так и взаимного трансфера передовых производственных технологий. Особенно перспективно научно-техническое сотрудничество между вузами и научными исследовательскими институтами Академий наук РФ и КНР по следующим направлениям:

- совместные исследования в области фотоники, оптических, лазерных технологий, биофизики и медицины;
- совместная разработка и выпуск новых учебных программ, спецкурсов, учебно-методических пособий, приборов и др.;
- создание специальной программы интенсификации изучения китайского языка в регионах РФ и, соответственно, русского языка в провинциях КНР в вузах, колледжах и школах обмен методиками и пособиями преподавания;

- разработка программ обменов и стажировок студентов и аспирантов, преподавателей вузов и научно-технических специалистов в области естественных наук;

- организация производственно-технологической практики студентов (магистров) и аспирантов, в учебно-методических центрах по лазерным технологиям и фотонике;

- научно-педагогические и культурные связи.

В-третьих, очень важно развивать взаимовыгодное научно-техническое сотрудничество и производственную кооперацию с ведущими китайскими производителями, позволяющую организовать выход российской продукции на огромный рынок КНР и через него в страны ЮВА.

Сотрудничество России и КНР в сфере науки и технологий, схожесть планов в научно-технической политике – преимущество при укреплении связей между странами. В марте власти Китая объявили о масштабных мерах по развитию сферы исследований и разработок. Среди них – реструктуризация регулирования, ставка на некрупный частный бизнес, который охотно внедряет научные достижения и распространяет культуру инноваций, фокус на развитие талантов. КНР и Россию сейчас объединяет общая повестка противостояния Западу, что на этом этапе может стать основой для сотрудничества в научно-технологической сфере. Китай заинтересован в российской фундаментальной науке, России же важен китайский опыт коммерциализации разработок. Например, имеется интерес ряда китайских фирм к созданию Волжской лазерной долины в г. Саратове – регионального высокотехнологичного инновационного промышленного технологического центра и кластера в сфере фотоники.

Эксперты Института экономических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ систематизировали подходы властей Китая к развитию сферы исследований и разработок (ИР), объявленные в марте 2023 года на съезде национального парламента и сессии Всекитайского комитета Народного политического консультативного совета, и в ходе недавней встречи с председателем КНР Си Цзиньпином премьер-министр РФ Михаил Мишустин отметил кооперацию стран в высокотехнологичных сферах (авиастроение, машиностроение, станкостроение, космические исследования, «сквозные» технологии) и выразил уверенность, что рас-

ширение инновационного сотрудничества укрепит технологический суверенитет как России, так и КНР.

Атомная электростанция «Сюйдапу» (далее – АЭС) находится в провинции Ляонин, КНР. Энергоблоки № 3 и № 4 относятся к проекту «АЭС-2006» и соответствуют современным требованиям МАГАТЭ в области безопасности. Проектирование и строительство объекта осуществляет Инжиниринговый дивизион ГК «Росатом». Ввод энергоблоков в эксплуатацию запланирован на 2027 и 2028 гг. Для блоков № 3 и № 4 АЭС «Сюйдапу» будет изготовлено два корпуса реактора с внутрикорпусными устройствами, крышкой и верхним блоком и два комплекта парогенераторов. Реактор – изделие первого класса безопасности, представляет собой вертикальный цилиндрический корпус с эллиптическим днищем. Внутри изделия размещается активная зона и внутрикорпусные устройства. Сверху корпус герметично закрыт крышкой с установленными на ней приводами механизмов и органов регулирования и защиты, патрубками для вывода кабелей датчиков внутриреакторного контроля. Сейчас обе страны в меньшей степени рассматривают друг друга как угрозу, а в большей – как партнеров в перспективных областях, таких как цифровые технологии, искусственный интеллект, где гонка за первенство между Китаем и США особенно остра, новые материалы, энергетика, транспорт, биотехнологии, медицина.

Некоторые аналитики высказываются в отношении расширения делового сотрудничества с КНР только в сфере торговли и считают маловероятным даже организацию заказного производства в КНР, разработанных в РФ, высокотехнологичных изделий.

Хотя есть пример кооперационных поставок материалов и комплектующих изделий из КНР для проведения в РФ НИОКР и производства инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью. Так, например, анализ предложения на рынке КНР различных видов компонентов и материалов для оптоэлектронных приборов выявил высококонкурентную ситуацию на рынке и множество производителей по секторам:

- оптических компонентов (линз, призм и др.)> 100 фирм,
- Al₂O₃ – алюмооксидной и др. керамике> 27 фирм,

- ВеО – оксидбериллиевой керамике> 12 фирм. В РФ число предложений по каждому сектору не превышает 5–7 и сроки поставки, как правило, составляют несколько месяцев после заказа, а цены в несколько раз выше, чем на рынке КНР.

Это обеспечивает возможность предприятиям РФ оперативной закупки напрямую материалов, комплектующих, компонентов, в том числе высокотехнологичных, по ценам ниже, чем на европейском рынке, с хорошим качеством. Таким образом, выявились сильные стороны и перспективы:

- возможность оперативных импортных поставок в РФ и обеспечения потребностей НИОКР материалами, компонентами, узлами и промышленным оборудованием;

- наличие высококонкурентной рыночной среды в КНР (как правило, имеется от нескольких – до нескольких десятков производителей), что дает возможность российскому потребителю получить привлекательные цены (как правило, в 2–5 раз ниже существующих на российском рынке);

- небольшой срок изготовления и поставки – для нестандартных металлических деталей, как правило, не превышает 2–4, для керамических деталей – от 1 до 5, а для оптических компонентов – от 4 до 6 недель;

- надежный путь и быстрый способ доставки до любого пункта в РФ через государственную почту КНР (ChinaPost) и РФ (Почта России) или экспресс-доставка (EMS-express);

слабые стороны:

- невозможность оперативного контроля графика производства и качества товара непосредственно на предприятии – производителе в КНР из-за удаленности от РФ;

- сложность получения информации и ведения оперативных коммуникаций на китайском языке;

- Несоответствие нормативной и правовой базы РФ и КНР в сфере ВЭД;

- сложность реализации претензий по качеству товаров и правового ведения хозяйственных споров в области ВЭД в КНР;

- организация системы проведения взаимных платежей в сфере ВЭД в РФ как в юанях, так и долларах США через сеть национальных банков РФ, включая территорию США и др. стран.

Институт лазерных и сварочных технологий Санкт-Петербургского государственного морского технического университета представил роботизиро-

ванную установку прямого лазерного выращивания «ИЛИСТ-М». Это полнофункциональный роботизированный технологический комплекс с контролируемой атмосферой, независимой подачей двух материалов, 7-осевой кинематикой и размерами выращиваемого изделия до $\varnothing 600 \text{ мм} \times h 400 \text{ мм}$. С другой стороны, небольшая занимаемая площадь, простота в использовании и низкая цена делают «ИЛИСТ-М» очень привлекательной для исследовательских задач, разработки новых технологий и материалов, а также для контрактного производства. На сегодняшний день роботизированная установка прямого лазерного выращивания «ИЛИСТ-М» не имеет аналогов на отечественном и мировом рынках.

Российская компания GN tech (ООО «Джиэнтех») совместно с GN electronics (ООО «Джиэнаксель») входят в группу компаний «Джиэн», которая специализируется на оборудовании и материалах для микроэлектроники, фотоники, оптики и биотехнологий. Основными направлениями GN tech являются разработка и производство установок плазменной обработки материалов для широкого спектра применений, в том числе в области фотоники и оптики. Плазменная обработка широко используется в качестве подготовительной операции для очистки поверхности от остаточных органических и неорганических загрязнений, улучшения адгезии тонкопленочных покрытий, качества пайки и разварки, модификации свойств поверхности.

На стенде была представлена наиболее востребованная на рынке серийно выпускаемая модель установки плазменной обработки в плазме тлеющего низкочастотного разряда MPC LF в настольном исполнении с объемом камеры 12 литров, а также была продемонстрирована ее работа. Локализованность комплектующих установки составляет 90 %, что существенно сокращает срок производства и сервисного обслуживания.

Ключевым трендом компании является обеспечение поставки оборудования, обеспечивающего результат для каждого конкретного применения. Для этого проводятся предварительные тестовые процессы по отработке технологических режимов и выдаются рекомендации по обработке изделий заказчика. Так, за последний год было поставлено более 10 единиц оборудования в ведущие российские предприятия. Специалисты компании осуществляют ПНР и отработку режимов установок на территории заказчика.

Установки плазменной обработки имеют широкий модельный ряд и большой выбор опций, однако при необходимости специалисты компании могут доработать или спроектировать нестандартную установку под заданные требования. Кроме того, имеется возможность поставки материалов и заготовок, необходимых при производстве изделий фотоники, оптики и микроэлектроники.

Производитель монокристаллического кремния ООО «НПО «КРИТ». Компания является производственной фирмой, владеющей современным оборудованием собственной разработки и высокоэффективными технологиями в области производства изделий из монокристаллического кремния методом Чохральского.

Производство основано в 1989 году на базе научных и практических разработок в области технологии изготовления изделий из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) для применения в печах выращивания монокристаллического кремния методом Чохральского.

Компания выращивает монокристаллический кремний двух марок:

- КДБ р-тип проводимости, легированный бором, в диапазоне удельных сопротивлений 0,001–80 Ом•см;
- КЭФ n-тип проводимости, легированный фосфором, в диапазоне удельных сопротивлений 0,04–50 Ом•см.

Кремний производства компании «НПО «КРИТ» может использоваться в различных видах промышленности, таких как:

- Электронная. Применяется для изготовления твердотельных электронных приборов, микросхем и т.п.
- Оптическая. Применяется для изготовления компонентов оптических приборов, работающих в диапазоне длин волн 3–5 мкм (оптические окна, детекторы, линзы, обтекатели и другие компоненты специального назначения).
- Солнечная энергетика. Используется для производства фотоэлектрических преобразователей (солнечных батарей).

Значительные достижения отмечены в научных исследованиях, которые были получены в конце 2022 и начале 2023 года в институтах физического профиля в Сибирском отделении РАН, а также в тех институтах, которые находятся под руководством СО РАН. Впервые в мире с помощью черенковских

телескопов получены данные о потоке гамма-излучения от нейтронной звезды, находящейся в Крабовидной туманности. Источник в Крабовидной туманности – таинственная нейтронная звезда, которая получилась в результате взрыва сверхновой звезды, случившегося почти тысячу лет назад, в 1054 году. Расстояние до этой звезды – порядка 6,5 тысячи световых лет. И именно оттуда нашим учёным удалось зарегистрировать излучение со столь высокой энергией. Она намного больше, чем, например, можно сгенерировать в Большом адронном коллайдере. И поэтому наши учёные получили очень интересный результат.

В 2023 году будут начаты работы по введению в строй 4-го и 5-го инструментов комплекса гамма-телескопов «Тайга-1» на астрофизическом полигоне Иркутского Государственного Университета (далее – ИГУ) в Тункинской долине. Сейчас на этой площади работают три черенковских телескопа и прорабатывается проект создания новой установки, которая будет иметь площадь 10 кв. км. Аналогов в мире пока нет.

Развивается и второй уникальный проект физиков ИГУ – Байкальский нейтринный телескоп. Весной 2023 года, когда будет еще достаточно прочный лёд на Байкале, началась подготовка 9 и 10 кластеров телескопа. Со льда приборы будут постепенно опускаться в недра озера, и мощности прибора будут увеличены. Конечная цель – добиться объёма телескопа в 1 кубический километр. И уже в 2023 году ученые в своей публикации напишут о диффузном потоке астрофизических нейтрино высоких энергий, зарегистрированных на иркутской установке, и, по сути, это будет один из первых серьёзных научных результатов, полученных на телескопе. Серьёзно продвинулся в строительстве приборов и Институт солнечно-земной физики СО РАН (далее – ИСЗФ). В первую очередь это касается Сибирского радиогелиографа в рамках проекта создания Национального гелиогеофизического центра. Инструмент строится в урочище Бадары в Тункинской долине. Он пришёл на смену «Сибирскому кресту» – солнечному радиотелескопу, включавшему 256 2,5-метровых антенн, стоявших в форме креста. Сейчас возведено более грандиозное сооружение на 528 антенн, выстроенных в форме трёх букв Т. Фактически сооружение и монтаж радиогелиографа завершены. В 2023 году инструмент будет сдан в эксплуатацию. Ещё один проект ИСЗФ – крупный солнечный те-

лескоп-коронограф КСТ-3. Диаметр его зеркала – 3 метра. В Саянской солнечной обсерватории будет возведена башня этого телескопа высотой порядка 42 метров. На этот проект в 2022 году получено положительное заключение Главгосэкспертизы. В 2023 году начнутся работы по сооружению КСТ-3, полностью он будет введен в строй в 2030 году.

Компания «АЗИМУТ ФОТОНИКС», специализированный дистрибьютор оптоэлектронных компонентов и научного оборудования.

Компания «АЗИМУТ ФОТОНИКС» осуществляет поставку оптических и лазерных компонентов от ведущих мировых производителей, оказывает компонентную поддержку научной и производственной отрасли России. Среди крупнейших заказчиков – МФТИ, ИФТП, МГТУ им. Баумана, предприятия Росатома, Роскосмоса и др. Компания поставляет широкий ассортимент продукции мировых брендов: Digikkey, Mouser, Arrow, Farnell, Tektronix, Agilent (KEYSIGHT), Coherent, Perkin Elmer, Excelitas, Edmund Optics, Thorlabs, Physik Instrumente, Luminos, Zaber, Cnilaser, Wavespectrum, Cobolt, Mountain Microwave, YESLED, Lightsensing, iXBlue Photonics, Opto-Link, ifiberoptics, Newport Optosky, Specim, Heimann Sensor, AdlOptica, Chroma, Optogama, Semrock, Contrastech, Hikrobotics, RMAelectronics, QHYCCD, AZURE Photonics. Отдельное направление – поставка стендов, комплектующих и оборудования для биологических исследований.

На выставке были представлены:

- фотоэлектронные умножители;
- DPSS и диодные лазеры Cobolt и OmicronLaserage;
- оптические фильтры Chroma;
- детекторы счета фотонов Laser Components;
- детекторы InfraTec, InfraRed, VIGO Photonics и Heimann Sensor;
- усилители тока и напряжения Femto;
- фотодиоды, лазерные диоды и модули, оптические элементы sglux, Laser Components;
- тестовый стенд Thorlabs с возможностью продемонстрировать гибкость его настройки при работе с лазерным оборудованием;
- стенд Specim, демонстрирующий возможности спектральной детекции материалов спектральной камерой в режиме непрерывного конвейера;
- собственная разработка компании «АЗИМУТ ФОТОНИКС» – УФ-лазер для скрайбирования керамики, гравировки, маркировки материалов, корпусных изделий.

НПК «Фотоника» – современная высокотехнологичная компания, специализирующаяся на разработке и производстве цифровых оптических систем, чувствительных в спектральных диапазонах от ультрафиолетового до дальнего инфракрасного. Выросшая из компании-дистрибьютора ЭКБ, на сегодняшний день НПК «Фотоника» реализует проекты полного цикла – от разработки конструкторской документации до отгрузки готового продукта.

В этом году компания НПК «Фотоника» представила очень востребованные на современном этапе новинки собственного производства и продукцию от производителей-партнеров:

- компактные микродисплеи с высоким разрешением;
- лазерные дальномеры с возможностью измерения объектов на расстоянии до 20 км;
- сенсоры УФ и видимого спектрального диапазонов, охлаждаемые и неохлаждаемые детекторы инфракрасного диапазона: SWIR, MWIR, LWIR;
- камеры собственного производства с алгоритмами локального контрастирования и DDE;
- монолитные интегральные схемы (МИС) малощумящего усилителя для приемопередаточных устройств;
- широкополосные твердотельные усилители мощности;
- керамические, металлокерамические и пластиковые корпуса для монолитных интегральных схем (МИС) СВЧ.

Это обеспечивает возможность оперативной закупки предприятиями РФ материалов, комплектующих, компонентов, в том числе высокотехнологичных, с хорошим качеством.

Более 160 компаний из Армении, Белоруссии, Китая, России на площади более 2900 кв. м показали свои инновационные разработки и образцы оборудования. По сравнению с прошлым годом экспозиция выставки увеличилась на 15 %. Примечательно и то, что более 20 компаний приняли участие в «Фотонике» впервые, несмотря на то, что предприятиям отрасли приходилось перестраивать производство, искать новых партнеров, новые логистические цепочки, преодолевать сложности. И нынешняя выставка, которая выросла и по численности, и по площади – свидетельство того, что отрасль быстро и усиленно развивается.

Прейскурант на 2023 год

Наименование	Периодичность издания	Цена за 1 номер (руб.) с НДС
Журнал «Вестник метролога»	4 раза в год	1 100,00
Реализация журнала «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» на 2023 год

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

Цена с учетом НДС – 20 %

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.pressa-rf.ru/cat/1/edition/e45112/>

