

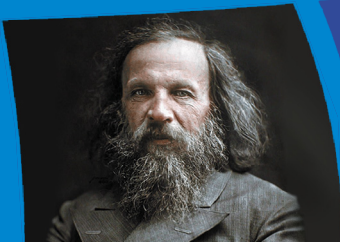
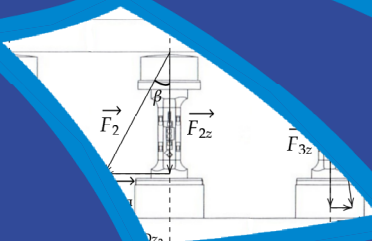
ISSN 2687-0886

ЭТАЛОНЫ СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ

Том
Vol. **22**

№**1**

2026



**Measurement standards
Reference materials**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Регистрационный номер ПИ № ФС 77-78423 от 29 мая 2020 г. – печатное издание). Регистрационный номер СМИ сетевого издания Эл № ФС77-79330 от 09 октября 2020 г. ISSN 2687-0886 (Print)

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19

РЕДАКЦИЯ И ИЗДАТЕЛЬ

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
Телефон, факс: + 7 (343) 350-72-42, 350-60-68.
e-mail: uniim@uniim.ru. www.rmjournal.ru

Основной целью журнала является аккумулирование научно-технических знаний в области метрологии. Приоритетная задача журнала состоит в создании открытой площадки для обмена информацией, отражающей результаты научных и прикладных исследований, которые связаны с вопросами разработки и внедрения эталонов единиц физических величин; стандартных образцов как средств передачи единицы величины, а также с вопросами разработки новых подходов создания и применения стандартных образцов. В журнале также публикуются исследования по изысканию и использованию физических и химических эффектов с целью создания новых и совершенствования существующих методов и средств измерений высшей точности; освещаются нормативные документы и международные работы, связанные со средствами измерений высшей точности и стандартными образцами.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Медведевский Сергей Викторович
канд. техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Окреплов Михаил Владимирович
д-р техн. наук, доцент, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Собина Егор Павлович
д-р техн. наук, УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Екатеринбург, Россия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Барановская Василиса Борисовна
д-р хим. наук, НИТУ МИСИС; ИОНХ РАН; АО «Гиредмет»; ААЦ «Аналитика»,
г. Москва, Россия

Булатов Андрей Васильевич
д-р хим. наук, профессор РАН; СПбГУ, ООО «Петроаналитика»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Журнал издается с 2005 г., до 2020 г. издавался под названием «Стандартные образцы». Периодичность издания – 4 раза в год.

Журнал входит в список рекомендованных для публикации ВАК по группе специальностей: 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений); 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды; 2.2.10. Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки); 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения. Входит в базу данных Russian Science Citation Index, «Белый список». Электронные версии статей размещены на сайте журнала, Российской государственной библиотеки, Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, электронной библиотеки «КиберЛенинка», Google Scholar, в базах данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВНИИТИ РАН) и др.

Все права на наименование, авторские права на публикацию защищены. За достоверность информации, опубликованной в статьях и рекламных материалах, а также за то, что в материалах не содержится данных, не подлежащих открытой публикации, ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей.

Катков Александр Сергеевич
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Конопелько Леонид Алексеевич
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Крылов Анатолий Иванович
д-р хим. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Литвинов Борис Яковлевич
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Моргунова Елена Михайловна
председатель Государственного комитета по стандартизации
Республики Беларусь

Осинцева Елена Валерьевна
канд. хим. наук, Уральский филиал ФГАОУ ДПО «АСМС (учебная)»,
г. Екатеринбург, Россия

Походун Анатолий Иванович
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Славев Валерий Абдуллович
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Степановских Валерий Васильевич
канд. техн. наук, ЗАО «Институт стандартных образцов»,
г. Екатеринбург, Россия

Сясько Владимир Александрович
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Чуновкина Анна Гурьевна
д-р техн. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Шелехова Наталья Викторовна
д-р техн. наук, ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»,
г. Москва, Россия

Щелчков Алексей Валентинович
д-р техн. наук, доцент, ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Казань, Россия

Яковлев Анатолий Борисович
канд. техн. наук, доцент, ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Казань, Россия

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Когновицкая Елена Андреевна
канд. физ.-мат. наук, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕКРЕТАРЬ

Тараева Наталия Сергеевна

КОРРЕКТОР

Уханова Маргарита Дмитриевна

ВЕРСТКА, ЦВЕТКОРРЕКЦИЯ

Таскаев Владислав Васильевич

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – Е 102263.

Перепечатка материалов возможна полностью или частично в образовательных и исследовательских целях только со ссылкой на выходные данные журнала с обязательным указанием правообладателя и авторов статей. Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная.

Знаком информационной продукции не маркируется.

Подписано в печать 30.03.2026.
Дата выхода в свет 31.03.2026.
Формат 60 × 90 1/8. Печать офсетная.
Бумага ВХИ. Усл. печ. л. 19,63.
Тираж 150 экз. Заказ № 30326.

Свободная цена.

Отпечатано в ИП Копыльцов П. И., г. Воронеж, ул. Любы Шевцовой, 34.
Тел. (995) 49-48-47-7.

The journal is registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.
Print version: Registration number PI No. FS 77-78423 (May 29, 2020).
Online version: Registration number EI No. FS 77-79330 (October 9, 2020).
ISSN 2687-0886 (Print)

FOUNDER:

D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
19 Moskovskiy ave., St. Petersburg, 190005, Russia

EDITORIAL OFFICE & PUBLISHER

UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology,
4 Krasnoarmeyskaya St., Yekaterinburg, 620075, Russia
Telephone, fax: +7 (343) 350-72-42, 350-60-68
e-mail: uniim@uniim.ru. www.rmjournal.ru

The main purpose of the journal is the accumulation of scientific and technical knowledge in the field of metrology. The priority task of the journal is to create an open platform for the exchange of information reflecting the results of scientific and applied research related to the development and implementation of measurement standards, as well as new approaches in the field of creation and application of reference materials. The journal also publishes research on the discovery and use of physical and chemical effects in order to create new and improve existing methods and measuring instruments of the highest accuracy; normative documents and international works related to measuring instruments of the highest accuracy and reference materials are covered.

EDITOR-IN-CHIEF

Sergey V. Medvedevskikh
Cand. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

DEPUTY CHIEF EDITOR

Mikhail V. Okrepilov
Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

EDITORIAL TEAM

Egor P. Sobina
Dr. Sci. (Eng.), UNIIM – Affiliated Branch of the D.I. Mendeleev Institute
for Metrology, Yekaterinburg, Russia

EDITORIAL BOARD

Vasilisa B. Baranovskaya
Dr. (Chem. Sci.), NUST MISIS; IGIC RAS; JSC Giredmet; AAC Analitika,
Moscow, Russia

Andrey V. Bulatov
Dr. (Chem. Sci.), Professor of the Russian Academy of Sciences;
St. Petersburg State University, Petroanalitika LLC, St. Petersburg, Russia

Aleksandr S. Katkov
Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

The journal has been published since 2005, until 2020 it was published under the name “Reference materials”. The frequency of publication is 4 times a year.

The journal is included in the list recommended for publication by the Higher Attestation Commission for the group of specialties: 2.2.4. Devices and measurement technique (by type of measurement); 2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnosing of materials, products, substances and natural environment; 2.2.10. Metrology and metrological provision (technical sciences); 2.2.12. Devices, systems and products for medical purposes. The journal is included in the database of the Russian Science Citation Index, «White List». Electronic versions of the articles are posted on the website of the journal, the Russian State Library, the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU, the CyberLeninka electronic library, Google Scholar, the databases of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS), etc.

All rights reserved. Authors and advertisers are responsible for the accuracy of the information published in articles and advertising materials, as well as for the fact that the materials do not contain data that are not subject to open publication. The opinion of the editors does not always coincide with the authors' view.

Leonid A. Konopelko

Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Anatoliy I. Krylov

Dr. Sci. (Chem.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Boris Ya. Litvinov

Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Elena M. Morgunova

Chairman of the State Committee for Standardization
of the Republic of Belarus

Elena V. Osintseva

Cand. Sci. (Chem.), Ural branch of the «ASMC (educational)»,
Yekaterinburg, Russia

Anatoliy I. Pokhodun

Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Valeriy A. Slayev

Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Valeriy V. Stepanovskikh

Cand. Sci. (Eng.), Institute for Reference Materials,
Yekaterinburg, Russia

Vladimir A. Syasko

Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Anna G. Chunovkina

Dr. Sci. (Eng.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

Natalya V. Shelekhova

Dr. Sci. (Eng.), Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology,
Moscow, Russia

Aleksei V. Shchelchikov

Dr. Sci. (Eng.), assistant professor, VNIIR – Affiliated Branch of the
D.I. Mendeleev Institute for Metrology, Kazan, Russia

Anatoly B. Yakovlev

Cand. Sci. (Eng.), assistant professor, VNIIR – Affiliated Branch of the
D.I. Mendeleev Institute for Metrology, Kazan, Russia

EXECUTIVE SECRETARY

Elena A. Kognovitskaya
Cand. Sci. (Phys.-Math.), D.I. Mendeleev Institute for Metrology,
Saint Petersburg, Russia

TECHNICAL SECRETARY

Natalia S. Taraeva

PROOF-READER

Margarita D. Uhanova

LAYOUT, COLOUR CORRECTION

Vladislav V. Taskaev

Subscription codes in the Pressa Rossii catalogue: E 102263.

Reprinting of materials in whole or in part for educational or research purposes is possible only with reference to the journal's imprint with the obligatory indication of the copyright holder and the authors' names.

Signed for printing: 30.03.2026.
Date of publication: 31.03.2026.
Sheet size 60×90 1/8. Offset printing.
Royal paper. Conventional printed sheets 19,63.
Number of copies 150. Order No 30326.

The journal is not marked with the sign of information products.

Printed by IP Koptilov P. I., Voronezh, Lyuba Shevtsova St., 34, Russia.
Tel. (995) 49-48-47-7.



ЭТАЛОНЫ

- | | | |
|---|----------|---|
| В. Н. Хорев, Д. И. Беляков,
А. Е. Шилов, С. Л. Воронов,
А. А. Никитин | 5 | Метод «сопротивление – частота» (Rf-метод) как альтернатива для прецизионного измерения коэффициента взаимной индукции эталонной кварцевой меры КС-4 из состава Государственного первичного эталона единиц магнитных величин ГЭТ 12–2025 |
|---|----------|---|

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

- | | | |
|--|------------|---|
| И. Ю. Шмигельский,
М. С. Иванов,
С. В. Медведевских | 16 | Метрологическое обеспечение автоматических пунктов весового и габаритного контроля: проблемы и пути их решения в целях повышения точности измерений |
| В. И. Богданова,
И. Ю. Шмигельский,
Д. В. Андреев, З. И. Осока | 28 | Распространенные ошибки при испытаниях весов неавтоматического действия в целях утверждения типа на соответствие ГОСТ OIML R76–1–2011 |
| Е. Е. Гладышев | 47 | Испытания металлов на ударную вязкость по методу Шарпи: проблемы и пути обеспечения прослеживаемости измерений |
| В. В. Толмачев, Ю. С. Ченцова | 64 | Оценка неопределенности измерений работы удара маятниковых копров: сравнительный анализ методов и метрологическая экспертиза ГОСТ 9454–2025 |
| В. В. Сычев,
И. Ю. Шмигельский | 82 | Градуировка дополнительных каналов многоканальных динамометров с применением призмы как способ компенсации погрешности измерений силы, проводимых методом совокупных измерений |
| Р. А. Тетерук | 94 | Моделирование процесса функционирования средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений с целью метрологического обеспечения неизвлекаемых средств измерений |
| Л. А. Конопелько,
М. В. Окрепилов,
С. В. Завьялов, В. А. Чуев | 105 | Возможности аргонового разрядного детектора для анализа примесей в аргоне высокой чистоты с целью внедрения в метрологическую практику путем оснащения ими хроматографов |

РЕЕСТР УТВЕРЖДЕННЫХ ТИПОВ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ФЕДЕРАЛЬНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ФОНДЕ

- | | | |
|--------------|------------|--|
| В. В. Сулова | 120 | Сведения о новых типах стандартных образцов |
| В. В. Сулова | 146 | Сведения о стандартных образцах утвержденных типов, в которые были внесены изменения в части срока действия утвержденного типа стандартного образца |

MEASUREMENT STANDARDS

- V. N. Khorev, D. I. Belyakov, A. E. Shilov, S. L. Voronov, A. A. Nikitin **5** **The Resistance-Frequency Method (Rf-method) as an Alternative for Precision Measurement of the Mutual Inductance Coefficient of the KC-4 Reference Quartz Measure from the State Primary Standard for Units of Magnetic Quantities GET 12–2025**

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

- I. Yu. Shmigelskiy, M. S. Ivanov, S. V. Medvedevskikh **16** **Metrological Assurance of Automated Weight and Dimension Control Systems: Problems and Solutions for Improving Measurement Accuracy**
- V. I. Bogdanova, I. Yu. Shmigelskiy, D. V. Andreev, Z. I. Osoka **28** **Common Errors in Type Approval Testing of Non-Automatic Weighing Instruments for Compliance with GOST OIML R 76–1–2011**
- E. E. Gladyshev **47** **Charpy Impact Testing of Metals: Problems and Mechanisms of Ensuring Measurement Traceability**
- V. V. Tolmachev, Iu. S. Chentsova **64** **Evaluation of Measurement Uncertainty for the Absorbed Energy of Pendulum Impact Testing Machines: a Comparative Analysis of Methods and Metrological Examination of GOST 9454–2025**
- V. V. Sychev, I. Yu. Shmigelskiy **82** **Calibration of Additional Channels of Multi-Channel Dynamometers Using a Prism as a Method for Compensating the Force Measurement Error Performed by the Method of Combined Measurements**
- R. A. Teteruk **94** **Modeling the Operation Process of Measuring Instruments with a Built-In Measurement Accuracy Monitoring Function for the Purpose of Metrological Assurance of Non-Removable Measuring Instruments**
- L. A. Konopelkol, M. V. Okrepilov1, S. V. Zavyalov, V. A. Chuev **105** **Capabilities of an Argon Discharge Detector for the Analysis of Impurities in High-Purity Argon for the Purpose of Implementation into Metrological Practice by Equipping Chromatographs**

ASPECTS OF MAINTAINING THE STATE REGISTER OF TYPE APPROVED REFERENCE MATERIALS

- V. V. Suslova **120** **Data on New Reference Materials Approved**
- V. V. Suslova **146** **Data on Type Approved Reference Materials the Validity Period of Which Has Been Extended**



ЭТАЛОНЫ

Научная статья

УДК 006.91:621.317.7.089.68::53.09.62


<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-5-15>



Метод «сопротивление – частота» (Rf-метод) как альтернатива для прецизионного измерения коэффициента взаимной индукции эталонной кварцевой меры КС-4 из состава Государственного первичного эталона единиц магнитных величин ГЭТ 12–2025

В. Н. Хорев, Д. И. Беляков , А. Е. Шилов, С. Л. Воронов , А. А. Никитин

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия

 d.i.belyakov@vniim.ru

Аннотация: В рамках метрологического обеспечения Государственного первичного эталона единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции ГЭТ 12–2025 с интервалом в пять лет проводятся прецизионные измерения геометрических параметров обмоток кварцевой меры КС-4.

Однако традиционная процедура измерений КС-4 – долговременная и затратная, потому что требует применения специального оборудования, сложных методов и трудоемкого учета погрешностей. Оптимизировать процедуру измерений возможно, если взамен разработать альтернативную возможность определения константы КС-4 без потери точности. Исследования в этом направлении ведут в лаборатории государственных эталонов в области магнитных измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», сотрудниками которой являются авторы настоящей статьи.

Авторы статьи сосредоточили поиск альтернативной возможности определения константы КС-4 на методе «сопротивление – частота» (Rf-метод). Измерительный эксперимент включал порядка 20 серий измерений. Было использовано оборудование из состава ГЭТ 12–2205 и реализована методика определения константы КС-4 на основании измерений частоты и сопротивления.

В результате исследования была доказана жизнеспособность предлагаемого альтернативного метода. Установленная на данной итерации эксперимента погрешность альтернативного метода в пять раз превышает погрешность традиционного геометрического метода определения константы. Однако выявлены потенциальные возможности улучшения характеристик точности альтернативного метода. Результаты представленного в статье исследования станут основой для дальнейших экспериментов по развитию Rf-метода после совершенствования использованного оборудования и программного обеспечения. При получении в дальнейшем положительных результатов Rf-метод будет внедрен в процедуру метрологического обеспечения Государственного первичного эталона ГЭТ 12–2025. Публикация стала вкладом в отраслевую дискуссию, вызванную происходящим в метрологическом сообществе переопределением единиц Международной системы единиц (SI) и возросшей точностью

измерений единиц сопротивления и частоты. Представленный в статье экспериментальный материал придаст импульс к поиску оптимальных решений по совершенствованию отечественной эталонной базы в области магнитных измерений.

Ключевые слова: Государственный первичный эталон, методы измерений магнитных величин, средства измерений магнитных величин, коэффициент взаимной индукции, магнитный поток, прецизионные измерения

Для цитирования: Метод «сопротивление – частота» (Rf-метод) как альтернатива для прецизионного измерения коэффициента взаимной индукции эталонной кварцевой меры КС-4 из состава Государственного первичного эталона единиц магнитных величин ГЭТ 12–2025 / В. Н. Хорев [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 5–15. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-5-15>

Статья поступила в редакцию 24.09.2025; одобрена после рецензирования 02.03.2026; принята к публикации 25.03.2026.

MEASUREMENT STANDARDS

Researched Article

The Resistance-Frequency Method (Rf-method) as an Alternative for Precision Measurement of the Mutual Inductance Coefficient of the KC-4 Reference Quartz Measure from the State Primary Standard for Units of Magnetic Quantities GET 12–2025

Vyacheslav N. Khorev, Denis I. Belyakov ✉, Alexander E. Shilov, Sergey L. Voronov , Aleksei A. Nikitin

D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia
✉ d.i.belyakov@vniim.ru

Abstract: As part of the metrological assurance of the State Primary Standard for Units of Magnetic Induction, Magnetic Flux, Magnetic Moment, and Magnetic Induction Gradient GET 12–2025, precision measurements of the geometric parameters of the KC-4 quartz gauge windings are carried out at five-year intervals.

However, the traditional measurement procedure for the KC-4 is time-consuming and costly, as it requires the use of special equipment, complex methods, and labor-intensive error accounting.

It is possible to optimize the measurement procedure by developing, instead, an alternative method of determining the KC-4 constant without loss of accuracy. Research in this direction is being conducted at the Laboratory of State Standards in the Field of Magnetic Measurements of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, whose staff are the authors of the article.

The authors of the article focused their search for an alternative method of determining the KC-4 constant based on the resistance-frequency method (Rf-method). The measurement experiment comprised

approximately 20 measurement series. Equipment from GET 12–2205 was used, and a procedure for determining the KC-4 constant based on frequency and resistance measurements was implemented.

As a result of the study, the viability of the proposed alternative method was proven. The error of the alternative method established in this iteration of the experiment is five times higher than that of the traditional geometric method for determining the constant. However, potential opportunities for improving the accuracy characteristics of the alternative method were identified.

The results of the study presented in this article will serve as a foundation for further experiments on the development of the Rf-method after improving the equipment and software used. If positive results are obtained in the future, the Rf-method will be implemented into the metrological assurance procedure of the State Primary Standard GET 12–2025.

The publication contributes to the field-specific discussion prompted by the ongoing redefinition of the International System of Units (SI) within the metrological community and the increased measurement accuracy of resistance and frequency units. The experimental material presented in the article will provide an impetus for the search for optimal solutions to improve the national reference base in the field of magnetic measurements.

Keywords: State Primary Standard, measurement methods for magnetic quantities, measuring instruments for magnetic quantities, mutual inductance coefficient, magnetic flux, precision measurements

For citation: Khorev VN, Belyakov DI, Shilov AE, Voronov SL, Nikitin AA. The resistance-frequency method (Rf-method) as an alternative for precision measurement of the mutual inductance coefficient of the KC-4 reference quartz measure from the State Primary Standard for Units of Magnetic Quantities GET 12–2025. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):5–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-5-15>

The article was submitted 24.09.2025; approved after reviewing 02.03.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Метрологическое обеспечение магнитных измерений в Российской Федерации опирается на разработанный ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» Государственный первичный эталон единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции ГЭТ 12–2025¹.

Первичное воспроизведение единицы магнитного потока в составе ГЭТ 12–2025 обеспечивается на основе кварцевой меры KC-4, регламент эксплуатации которой предполагает систематические процедуры прецизионных измерений геометрических параметров обмоток.

Однако такая процедура – длительная и дорогостоящая. Так, например, в работе [1]

процедура измерения геометрических размеров кварцевой катушки с аналогичными точностными требованиями заняла около года.

В качестве альтернативного предлагается рассмотреть метод «сопротивление – частота» (Rf-метод) определения точного значения постоянной KC-4.

Цель публикации – описать исследование возможности прецизионного измерения коэффициента взаимной индукции эталонной кварцевой меры KC-4 из состава ГЭТ 12–2025 альтернативным методом.

Материалы и методы

Описание традиционного метода

Магнитный поток Φ в ГЭТ 12–2025 [2] воспроизводится при помощи эталонной меры KC-4 с током в соответствии с уравнением

$$\Phi = K_{\Phi} \cdot I, \quad (1)$$

где K_{Φ} – геометрическая постоянная меры KC-4 по магнитному потоку, которая определяется расчетным путем по измерениям геометрических размеров первичной и вторичной обмоток

¹ Об утверждении Государственного первичного эталона единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 16 октября 2025 года № 2230.

меры КС-4 (Вб/А, или Гн); I – сила тока в первичной обмотке.

Диапазон передаваемых с заданной точностью значений отношения магнитного потока к силе тока ГЭТ 12–2025 составляет от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вб/А.

Данный диапазон определяется:

- непосредственно эталонной мерой КС-4, покрывающей диапазон от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вб/А;
- получающим единицу от КС-4 многозначным делителем магнитного потока ДМП-1, покрывающим диапазон от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вб/А практически без потери точности.

Таким образом, неопределенность передачи во всем диапазоне ГЭТ 12–2025 определяется неопределенностью передачи единицы эталонной меры КС-4.

Эталонная мера КС-4 представляет собой кварцевый соленоид (рис. 1) с двумя обмотками, причем возможна выставка 72 значений константы K_{Φ} (от 1 до 72) в соответствии с заданным числом витков вторичной обмотки. Благодаря специальной конструкции КС-4 все 72 значения K_{Φ} строго пропорциональны числу витков с погрешностью менее 0,0005 %.

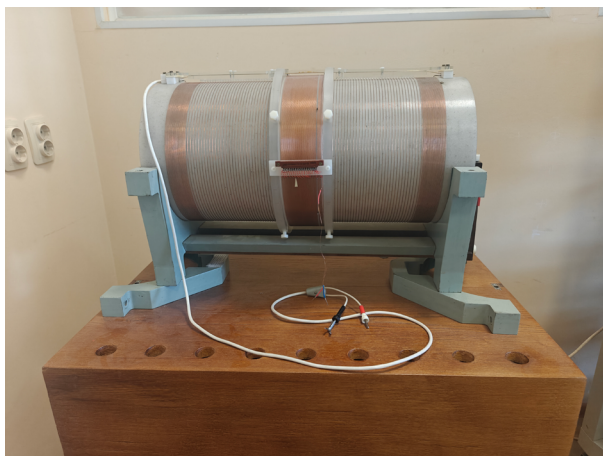


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 1. Внешний вид кварцевой меры КС-4

Fig. 1. Appearance of the КС-4 quartz gauge

Максимальное значение K_{Φ} (при 72 витках) составляет $K_{КС4} = 1,00028$ мВб/А.

Константа катушки K_{Φ} определена при помощи расчета на основе прецизионных

линейных измерений геометрических размеров первичной и вторичной обмоток.

Выполнены измерения:

а) первичной обмотки:

- диаметров витков по 4 сечениям – с погрешностью не более 1,5 мкм;

- расстояний между витками по 4 образующим – с погрешностью не более 1 мкм;

б) вторичной обмотки:

- диаметры витков – с погрешностью 30 мкм.

Расчет постоянной КФ выполнен по формуле Сноу², выражающей коэффициент взаимной индуктивности между цилиндрической обмоткой и круговым витком через эллиптические интегралы от геометрических параметров обмоток.

Точное измерение силы постоянного тока представляет собой рутинную процедуру: вторичным эталонам передается значение отношения магнитного потока к силе тока (значение постоянной катушки магнитного потока). Передача осуществляется при помощи эталонного компаратора средств измерений магнитного потока и магнитного момента (далее – ЭКПМ) разностным индукционным методом на постоянном токе [3].

Схожую процедуру передачи нижестоящим эталонам значения отношения магнитного потока к силе тока используют в NIM [4]. Отличие заключается в том, что источником эталонного магнитного потока в разностном индукционном методе у них выступает не эталонная кварцевая катушка, а вольт-секундный калибратор на эффекте Джозефсона. Использование такого калибратора позволяет китайским коллегам добиться неопределенности типа А на уровне 2 ppm. Данный метод вызывает некоторые противоречия, поскольку вольт-секундный калибратор на эффекте Джозефсона формирует магнитный поток в виде меандра, в то время как катушка взаимной индукции нижестоящего эталона формирует колоколообразный сигнал. Правомочность применимости данного подхода требует отдельного исследования.

Альтернативным разностному индукционному методу является подход

² Snow, Chester. A Simplified Precision Formula for the Inductance of a Helix with Corrections for the Lead-In Wires, NBS Journal of Research Vol. 9, RP479, June 1932.

непосредственной передачи единицы прецизионному флюксметру. Появление современных прецизионных высокоскоростных интеграторов-флюксметров на базе ПЛИС [5, 6] делает данный подход перспективным. Более перспективным видится использование предварительно калиброванного по эталонному магнитному потоку прецизионного высокоскоростного флюксметра на базе ПЛИС в разностном индукционном методе.

В табл. 1 приведен бюджет неопределенностей результатов измерения при воспроизведении и передаче размера единицы отношения магнитного потока к силе тока. В данном примере в качестве сличаемой катушки выступает входящий в состав ЭКПМ делитель магнитного потока ДМП-1 при значении 1 мВб/А. Суммарное среднее квадратическое отклонение (стандартная неопределенность u_c) воспроизведения и передачи единицы отношения магнитного потока к силе тока $S_{\Sigma_0} = 0,0015 \%$.

Суммарное среднее квадратическое отклонение (стандартная неопределенность) воспроизведения и передачи единицы отношения магнитного потока к силе тока составляет $S_{\Sigma_0} = u_c = 0,0014 \%$.

При воспроизведении и передаче единицы магнитного потока (Вб) в бюджет неопределенностей добавляется только неопределенность измерения силы тока при коэффициенте влияния 1. Если для измерения тока применить мультиметр Agilent 3458A из состава первичного эталона, то добавленная неопределенность достаточно мала ($u < 0,00005 \%$) и расчет суммарного СКО для магнитного потока дает значение $S_{\Sigma_0} = 0,0015 \%$.

Описание метода

«сопротивление – частота» (Rf-метод)

Значительный прогресс точности воспроизведения и измерения единиц частоты [7] и сопротивления [8] позволяет предложить

Таблица 1. Бюджет неопределенностей при воспроизведении и передаче единицы отношения магнитного потока к силе тока, Вб/А

Table 1. Uncertainty budget for the reproduction and transfer of the unit of the ratio of magnetic flux to current strength, Wb/A

	Значение	Тип оценки / распределение	Вклад внеопределенность, %
Диаметр первичной обмотки КС-4, мм	269,291	В / равномерное	0,000 64
Диаметр провода, мм	0,768	В / равномерное	0,000 42
Длина первичной обмотки КС-4, мм	460,803	В / равномерное	0,000 37
Геометрия обратного провода (наклон), мм	-0,5	В / равномерное	0,000 58
Диаметр вторичной обмотки КС-4, мм	287,54	В / равномерное	0,000 86
Температура, °С	20	В / равномерное	0,000 33
Разностный магнитный поток, мкВб (N = 70)	3,9	В / равномерное	0,000 27
Сила тока, А	1,5	В / равномерное	0,000 05
Влияющие факторы, мкВб	$0 \pm 0,3$	В / нормальное	0,000 08
Статистика, мкВб	1,1	А / нормальное	0,000 30
Выходная величина, мВб/А	0,975 0		$u_c = 0,001 44 \%$

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Примечание. В строке «Влияющие факторы» указана суммарная оценка влияния величин, которые могут меняться случайным образом во времени, но статистически не проявляются в ходе измерений и оцениваются по типу В. К ним относятся магнитное окружение, установочные погрешности, электромагнитное взаимодействие, намагниченность преобразователей и т. п.

альтернативный метод определения постоянной эталонной катушки.

Предлагаемый к исследованию в настоящей работе Rf-метод определения точного значения постоянной КС-4 основан на точном измерении электрического сопротивления R и частоты переменного тока f . Частота должна быть относительно низкой, но хорошо измеряемой (квазипостоянные напряжения измеряются значительно хуже, чем напряжения с частотой от нескольких Гц), так как ГЭТ 12–2025 в части магнитного потока предназначен для работы на постоянном токе. Схема измерений представлена на рис. 2.

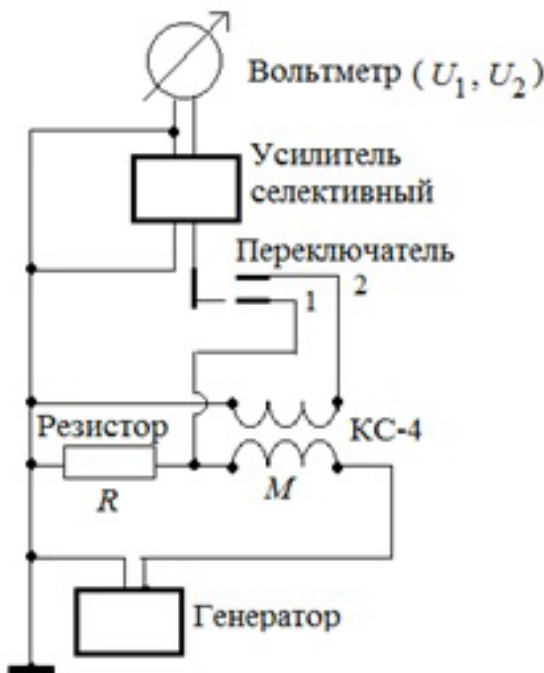


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 2. Схема измерений: вольтметр показывает U_1 , U_2 при соответствующих положениях переключателя

Fig. 2. Measurement scheme: the voltmeter displays U_1 , U_2 at the respective switch positions

Наблюдаемое на схеме падение напряжения на резисторе R определяется по формуле

$$U_1 = R \cdot I, \quad (2)$$

где R – значение сопротивления резистора, Ом; I – сила тока в первичной обмотке, А.

Напряжение на выходе вторичной обмотки КС-4 определяется по формуле

$$U_2 = 2\pi \cdot f \cdot K_\Phi \cdot I, \quad (3)$$

где f – частота подаваемого в первичную обмотку КС-4 тока, Гц; K_Φ – постоянная меры КС-4 по магнитному потоку, Вб/А; I – сила тока в первичной обмотке, А.

Поскольку ток в резисторе R и в первичной обмотке КС-4 общий, можно записать:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{2\pi \cdot f \cdot K_\Phi}{R}. \quad (4)$$

Отсюда следует:

$$K_\Phi = \frac{R \cdot U_2}{2\pi \cdot f \cdot U_1} = 0,15915494 \cdot \frac{R \cdot U_2}{f \cdot U_1}. \quad (5)$$

Значения силы тока и коэффициента усиления усилителя знать не требуется, поэтому они не входят в формулу измерений, хотя должны быть достаточно стабильны. Указанные значения выбирают из соображений обеспечения удовлетворительного уровня сигнала и максимальной точности эксперимента. Для повышения точности измерения отношения двух напряжений целесообразно:

- оба напряжения измерять одним вольтметром, используя переключатель;
- путем регулировки частоты выбирать режим $U_1 \approx U_2$.

В таком случае:

- формула выглядит как

$$M_{\text{мгн}} \approx 159 \cdot \frac{R_{\text{Ом}}}{f_{\text{Гц}}}; \quad (6)$$

- погрешность вольтметра также (в первом приближении) из отношения близких напряжений из результата исключается.

Подлежащие измерению приближенные значения частоты f при условии $U_1 \approx U_2$, записанные исходя из номиналов прецизионных резисторов (0,1; 1; 10 Ом) и измеряемого значения K_Φ (1 мВб/А), обобщены в табл. 2.

Наблюдаемые в табл. 2 данные свидетельствуют: для реализации поставленной задачи пригодна единственная рабочая частота – 159 Гц (точнее – 159,1549 Гц).

Описание измерительного эксперимента Аппаратура

В измерительном эксперименте использованы (рис. 3):

Таблица 2. Приближенные значения измеряемой частоты
Table 2. Approximate values of the measured frequency

КФ, мВб/А	R, Ом		
	0,1	1	10
	f, Гц		
0,1	1,6	16	159
1	16	159	1 592
10	159	1 592	15 915

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Примечание. В таблице полужирным начертанием выделена наиболее пригодная для решения поставленной задачи частота.

- прецизионный генератор 81150А;
- мера электрического сопротивления безреактивная МС3080М, 1 Ом;
- прецизионный селективный усилитель СУ-159, специально разработанный для данного исследования с частотой настройки $(159,15 \pm 1)$ Гц; добротностью не менее 100; полосой пропускания не менее ± 2 Гц и не более ± 4 Гц;
- мультиметр 3458А в режиме АС-вольтметра;
- частотомер 53131А;
- тумблер с ручным управлением (в качестве переключателя).



Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 3. Аппаратура для измерительного эксперимента

Fig. 3. Equipment for measuring experiment

Процедура

Оператор подбирал частоту генератора, приближая отношение U_2/U_1 как можно ближе к единице. Затем устанавливал положение 1 тумблера и запускал на вольтметре 3458А режим измерения по специально составленной программе. Далее программа в автоматическом режиме производила серию из n измерений (отсчетов); вычисляла среднее значение серии K_{row} и СКО среднего S_{row} ; выдавала сигнал об окончании серии.

Следует отметить, что специально разработанный для эксперимента усилитель СУ-159 характеризуется крутизной передаточной характеристики на уровне -40 дБ/декаду, что исключает значимое влияние высших гармоник со входа генератора.

По сигналу программы оператор фиксировал два полученных числа, переводил тумблер в положение 2 и вновь запускал программу измерения. Так повторялось не менее ($N = 5$) раз.

Далее оператор самостоятельно обрабатывал полученные N измерения (вычислял среднее значение КФср и СКО S среднего, $i = 1, \dots, N$). На практике S превысил S_{row} , что объясняется изменениями условий при переходе от одной серии к другой (нестабильностью тока, коэффициента усиления, температуры, уровня помех и т. п.).

В качестве статистической погрешности измерений было принято значение S .

Результаты и обсуждение

Выводы эксперимента

В ходе эксперимента было проведено порядка 20 серий измерений. В результате в одном

из измерений $K_{\Phi} = 1,000\,274$ совпало с паспортным значением $K_{\Phi} = 1,000\,28$ при статистической погрешности $0,000\,286\%$.

Тем не менее, значение по всей выборке измерений оказалось значительно хуже.

При построении бюджета неопределенности в качестве значащих параметров были определены:

- неопределенность измерений значений сопротивления, частоты и отношений напряжений;
- нестабильность тока и коэффициента усиления;
- частотная зависимость катушки.

Бюджет неопределенности измерения постоянной КФ обобщен в табл. 3.

Выводы данного эксперимента свидетельствуют: погрешность альтернативного метода составляет $0,007\%$ – это почти в пять раз превышает погрешность традиционного геометрического метода ($0,001\,5\%$).

Выводы исследования

В результате исследования была доказана жизнеспособность предлагаемого альтернативного метода.

На данной итерации эксперимента установлено: погрешность альтернативного метода в пять раз превышает погрешность традиционного геометрического метода определения константы. Наибольший вклад в бюджет неопределенности внесли нестабильность тока

и случайная составляющая измерений. Этот факт открывает потенциальные возможности улучшения характеристик точности альтернативного метода.

В частности, внедрение в программное обеспечение комплекса синхронизированной с измерением процедуры контроля тока с последующим внесением поправочного коэффициента позволит существенно уменьшить влияние нестабильности тока на итоговую погрешность.

Уменьшить СКО измерений возможно, улучшив внешнюю магнитную обстановку эксперимента, задействовав компенсации внешнего магнитного поля Земли, а также вариаций магнитного поля Земли и промышленных помех. Предлагается организовать следующую итерацию эксперимента не в городских условиях, а в рабочем объеме комплекса ЭТМК из состава ГЭТ 12–2025 на магнитной станции ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» в Токсово [9].

Заключение

В статье рассмотрен метод «сопротивление – частота» (Rf-метод) с целью изучения возможности его применения в качестве альтернативы для определения точного значения постоянной КС-4.

Измерительный эксперимент включал порядка 20 серий измерений. Установлено:

- 1) жизнеспособность предлагаемого альтернативного метода;

Таблица 3. Бюджет неопределенности измерения постоянной КФ

Table 3. Uncertainty budget for the measurement of the Faraday constant

Источник ошибки	Значение погрешности, %	Способ оценки погрешности	Экв. СКО, %
Измерение R	0,002	макс	0,001 2
Измерение f	0,000 5	макс	0,000 3
Измерение U_m/U_r	0,001	макс	0,000 6
Нестабильность тока	0,008	макс	0,004 6
Нестабильность усиления	0,001	макс	0,000 6
Частотная зависимость	0,000 1	макс	0,000 1
Статистика	0,005	СКО	0,002 0
Суммарное СКО результата измерения S_{Σ}			0,007 0

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

2) на данной итерации эксперимента погрешность альтернативного в пять раз превышает погрешность традиционного геометрического метода определения константы;

3) существует потенциальные возможности повышения точности альтернативного метода.

Главный вывод исследования свидетельствует о том, что Rf-метод содержит резерв для повышения точности измерения. Потенциал Rf-метода заключается в улучшении (или дополнительном контроле) нестабильности тока, а также в улучшение магнитной обстановки.

Исследование возможности метода «сопротивление – частота» (Rf-метод) дало материал для дальнейшей разработки оптимальных условий его применения в качестве альтернативы традиционному методу определения точного значения постоянной КС-4.

Результаты исследования станут основой для проведения дальнейших экспериментов по развитию Rf-метод после совершенствования используемых в работе оборудования (внедрение в экспериментальный комплекс оборудования системы компенсации магнитных полей магнитной станции ВНИИМ в Токсово) и программного обеспечения (измерение и учет нестабильности тока).

При получении в дальнейшем положительных результатов Rf-метод будет внедрен в процедуру метрологического обеспечения ГЭТ 12–2025.

На основании дальнейшего эксперимента, в случае его успешного завершения, авторы планируют дальнейшую публикацию по описанной проблематике.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest: The authors declare the absence of any obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Вклад авторов: Все авторы внесли свой вклад в концепцию и дизайн исследования. Хорев В. Н. – концептуализация, методология, верификация данных, проведение исследований, создание черновика рукописи, визуализация, руководство исследованием; Беляков Д. И. – создание используемого в исследовании программного обеспечения, верификация данных, проведение исследований, создание и редактирование рукописи; Шилов А. Е. – создание использованных в исследовании нестандартных электротехнических устройств; Воронов С. Л. – верификация данных, проведение исследований; Никитин А. А. – верификация данных, проведение исследований.

Contribution of the authors: All authors contributed to the concept and design of the study. Khorev V. N. – conceptualization, methodology, data validation, investigation, writing the draft, visualization, supervision; Belyakov D. I. – software development for the study, data validation, investigation, writing and editing a manuscript; Shilov A. E. – development of non-standard electrical devices used in the study; Voronov S. L. – data validation, investigation; Nikitin A. A. – data validation, investigation.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Determination of the tesla-to-ampere ratio for the KRISSE/VNIIM γ -experiment / V. Y. Shifrin [et al.] // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 1999. Vol. 48, Iss. 2. P. 196–199. <https://doi.org/10.1109/19.769562>.
2. Развитие эталонной базы в области измерений магнитной индукции и магнитного потока / Д. И. Беляков [и др.] // Измерительная техника. 2017. № 12. С 28–31.
3. Средства измерений параметров магнитного поля / Ю. В. Афанасьев [и др.]. Ленинград : Энергия. Ленингр. отделение, 1979. 320 с.
4. Applications of programmable Josephson voltage standard on magnetic measurements / Z. Wang [et al.] // Electrical & Electronic Measurements Promote Industry 4.0 : 23rd IMEKO TC4 International Symposium, Xi'an, 17–20 September 2019 / IMEKO [et al.]. Xi'an : IMEKO, 2019. P. 200–204.
5. Metrological characterization of an enhanced fast digital integrator for magnetic measurements / P. Arpaia [et al.] // Measurement in Research and Industry : XXI IMEKO World Congress, Prague, 30 August – 4 September 2015 / IMEKO [et al.]. Prague : IMEKO, 2015.
6. Батраков А. М., Ильин И. В., Павленко А. В. Прецизионные цифровые интеграторы сигналов с точной синхронизацией // Автотометрия. 2015. Т. 51, № 1. С. 62–69.
7. Семенов Ю. П., Кривицкая Е. В., Самодуров И. А. От квантового сопротивления Холла к резисторам квадратурного моста // Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А. С. Попова, посвященная Дню радио. 2022. № 1 (77). С. 294–298.
8. Результаты совершенствования Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1 / И. Б. Норец [и др.] // Альманах современной метрологии. 2022. № 3 (31). С. 8–21.
9. Эталонные комплексы ВНИИМ для метрологического обеспечения магнитных измерений геомагнитного и гипогеомагнитного диапазонов. Текущее состояние и перспективы развития / Д. И. Беляков [и др.] // Магнитные измерения: новые разработки и их метрологическое обеспечение : Тезисы докладов I Всероссийского симпозиума, Санкт-Петербург, 25–26 февраля 2025 г. / ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева». Санкт-Петербург : ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 2025. С. 10–11.

REFERENCE

1. Shifrin VY, Park PG, Khorev VN, Choi ChH, Lee S. Determination of the tesla-to-ampere ratio for the KRISSE/VNIIM γ -experiment. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 1999;48(2):196–199. <https://doi.org/10.1109/19.769562>.
2. Belyakov DI, Khorev VN, Shilov AE, Shifrin VY. Development of a reference database for measuring magnetic induction and magnetic flux. *Measurement Techniques*. 2017;12:28–31. (In Russ.).
3. Afanas'ev YuV, Studencov NV, Khorev VN, Chechurina EN, Shchelkin AP. Measuring instruments for magnetic field parameters. Leningrad: Ehnergiya. Leningradskoe Otdelenie; 1979. 320 p. (In Russ.).
4. Wang Z, Li H, Gao Yu, Lu Yu, He Q. Applications of programmable Josephson voltage standard on magnetic measurements. In: *Electrical & Electronic Measurements Promote Industry 4.0 : 23rd IMEKO TC4 International Symposium*, 17–20 September 2019, Xi'an, China. Xi'an: IMEKO; 2019. P. 200–204.
5. Arpaia P, Cimmino P, D'Arco M, Fiscarelli L, Parrella A. Metrological characterization of an enhanced fast digital integrator for magnetic measurements. In: *Measurement in Research and Industry" : XXI IMEKO World Congress*, 30 August – 4 September 2015, Prague, Czech Republic. Prague: IMEKO; 2015.
6. Batrakov AM, Il'yin IV, Pavlenko AV. Precision digital signal integrators with accurate synchronization. *Avtometriya*. 2015;51(1):62–69. (In Russ.).
7. Semenov YuP, Krivickaya EV, Samodurov IA. From quantum Hall resistance to quadrature bridge resistors. *Nauchno-tehnicheskaya konferenciya Sankt-Peterburgskogo NTO REHS im. A. S. Popova, posvyashchennaya Dnyu radio*. 2022;1(77):294–298. (In Russ.).
8. Norets IB, Smirnov YuF, Glazov EY, Fedotov VN. Results of improvement of the state primary standard of units of time, frequency and the national time scale GET 1. *Al'manac of Modern Metrology*. 2022;3(31):8–21. (In Russ.).
9. Belyakov DI, Khasiev IS, Krivcov EP, Shilov AE, Voronov SL. VNIIM reference complexes for metrological support of magnetic measurements in the geomagnetic and hypogeomagnetic ranges. Current state and development prospects. In: *Magnetic Measurements: New Developments and Their Metrological Support: Abstracts of the I All-Russian Symposium*, 25–26 February 2025, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: D. I. Mendeleev Institute for Metrology; 2025. P. 10–11. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хорев Вячеслав Никодимович – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории госэталонов в области магнитных измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: khorev@vniim.ru

Беляков Денис Игоревич – канд. техн. наук, руководитель лаборатории госэталонов в области магнитных измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: d.i.belyakov@vniim.ru

Шилов Александр Евгеньевич – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории госэталонов в области магнитных измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: a.e.shilov@vniim.ru

Воронов Сергей Леонидович – старший научный сотрудник лаборатории госэталонов в области магнитных измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: s.l.voronov@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0397-8392>

Никитин Алексей Александрович – техник лаборатории госэталонов в области магнитных измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: a.a.nikitin@vniim.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vyacheslav N. Khorev – Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher at the Laboratory of State Standards in the Field of Magnetic Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: khorev@vniim.ru

Denis I. Belyakov – Cand. Sci. (Eng.), Head of the Laboratory of State Standards in the Field of Magnetic Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: d.i.belyakov@vniim.ru

Alexander E. Shilov – Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher at the Laboratory of State Standards in the Field of Magnetic Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: a.e.shilov@vniim.ru

Sergey L. Voronov – Senior Researcher the Laboratory of State Standards in the Field of Magnetic Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: s.l.voronov@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0397-8392>

Aleksei A. Nikitin – Technician at the Laboratory of State Standards in the Field of Magnetic Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: a.a.nikitin@vniim.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья


УДК 006.057.2:656.073.5:681.268.9

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-16-27>



Метрологическое обеспечение автоматических пунктов весового и габаритного контроля: проблемы и пути их решения в целях повышения точности измерений*

И. Ю. Шмигельский  , М. С. Иванов , С. В. Медведевских 

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д. И. Менделеева», г. Санкт-Петербург, Россия
 i.y.shmigelskiy@vniim.ru

Аннотация: Автоматические пункты весового и габаритного контроля (АПВГК) – важнейший инструмент организации грузоперевозок, эффективный фактор обеспечения безопасности дорожного движения и сохранности дорожной инфраструктуры. Такие пункты представляют собой комплекс средств измерений массы, осевых нагрузок, габаритов транспортных средств и подлежат метрологическому обеспечению, как все средства измерений в сфере государственного регулирования. Однако в системе метрологического обеспечения АПВГК сталкивается с рядом сложностей, влияющих на точность измерений и правоприменительную практику. В частности, наблюдаются значительные расхождения определения ключевых метрологических характеристик: части диапазона измерения осевой нагрузки, диапазона рабочей скорости, относительной погрешности. Цели исследования – систематизировать проблемы метрологического обеспечения автоматических пунктов весового и габаритного контроля АПВГК, предложить пути их решения в целях повышения точности измерений.

Отправной точкой исследования стал обзор метрологических и технических характеристик наиболее распространенных АПВГК утвержденного типа по данным Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений. Схематизированы возможности метрологического обеспечения АПВГК в части измерений осевых нагрузок при различных скоростях проезда с указанием диапазонов измерений осевой нагрузки и скорости, метрологически обеспеченных полностью, частично и не обеспеченных метрологически. Проведено метрологическое исследование грузоприемных модулей АПВГК при динамическом нагружении с использованием рабочего эталона динамической силы. В результате предложены новые методы поверки, в частности – модульные исследования. Обоснована необходимость разработки эталонов динамической силы для более точного воспроизведения реальных условий нагрузки и устранения рисков, связанных с испытаниями на дорогах. Авторы уверены, что значимость поднятой в статье темы не ограничивается метрологическим сообществом. Обеспечение точности проводимых автоматическими пунктами весового и габаритного

* Публикация подготовлена на основе доклада, представленного на Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», которая прошла 1–3 июля 2025 года во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева. Статья была принята к публикации после доработки рукописи и прохождения процедуры рецензирования.

контроля (АПВГК) измерений благотворно скажется на развитии всей транспортной инфраструктуры в стране, окажет содействие повышению безопасности эксплуатации транспортных средств.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение измерений, автоматический пункт весового и габаритного контроля (АПВГК), автоматический весовой контроль, габаритный контроль, точность измерений, автомобильные грузоперевозки



Для цитирования: Шмигельский И. Ю., Иванов М. С., Медведевских С. В. Метрологическое обеспечение автоматических пунктов весового и габаритного контроля: проблемы и пути их решения в целях повышения точности измерений // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 16–27. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-16-27>

Статья поступила в редакцию 17.12.2025; одобрена после рецензирования 27.02.2026; принята к публикации 25.03.2026.


MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Review Article

Metrological Assurance of Automated Weight and Dimension Control Systems: Problems and Solutions for Improving Measurement Accuracy

Ilya Yu. Shmigelskiy  , Maksim S. Ivanov , Sergey V. Medvedevskikh 

D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia

 i.y.shmigelskiy@vniim.ru

Abstract: Automated weight and dimension control systems (WIM systems) are a crucial tool for transportation organization, an effective factor in ensuring road safety and preserving road infrastructure. Such systems represent a complex of measuring instruments for weight, axle loads, and dimensions of vehicles and are subject to metrological assurance, like all measuring instruments under state regulation.

However, the metrological assurance system for automated WIM systems faces a number of challenges that affect measurement accuracy and law enforcement practice. In particular, significant discrepancies are observed in the determination of key metrological characteristics: parts of the axle load measurement range, the operating speed range, and the relative error.

The objectives of this study are to systematize the problems of metrological assurance of automated weight and dimension control systems (WIM systems) and to propose ways to solve them in order to improve measurement accuracy.

The starting point of the study was a review of the metrological and technical characteristics of the most common approved types of automated WIM systems, based on data from the Federal Information Fund for Ensuring the Uniformity of Measurements. The capabilities of metrological assurance for WIM systems were schematized regarding axle load measurements at various speeds, indicating axle load and speed measurement ranges that are fully metrologically assured, partially assured, and lacking metrological assurance.

A metrological study of the load-receiving modules of an automated WIM system was conducted under dynamic loading using a working standard of dynamic force.

As a result, new calibration methods have been proposed, in particular, modular testing. The necessity of developing dynamic force standards for more accurate replication of real-world loading conditions and for eliminating the risks associated with on-road tests has been substantiated.

The authors are confident that the significance of the topic raised in this article is not limited to the metrological community. Ensuring the accuracy of measurements performed by automated weight and dimension control systems (WIM systems) will have a beneficial impact on the development of the entire transport infrastructure in the country and will contribute to enhancing the safety of vehicle operation.

Keywords: metrological assurance of measurements, automated weight and dimension control system (WIM system), automated weigh control, dimension control, measurement accuracy, road freight transportation

For citation: Shmigelskiy IYu, Ivanov MS, Medvedevskikh SV. Metrological assurance of automated weight and dimension control systems: problems and solutions for improving measurement accuracy. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):16–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-16-27>

The article was submitted 17.12.2025; approved after reviewing 27.02.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Актуальность исследования

Установка автоматических пунктов весогабаритного контроля проходит в соответствии с федеральным проектом «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» в рамках национального проекта «Инфраструктура для жизни» согласно Транспортной стратегии Российской Федерации¹, направленной на развитие дорожной инфраструктуры, увеличение грузоперевозок, обеспечение их безопасности [1–4]. Как сообщало Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), к концу 2025 г. на региональных и местных дорогах страны должно было функционировать более 200 таких комплексов².

Цель развития автоматизированного весогабаритного контроля (размещения автоматических пунктов весогабаритного контроля) – путем пресечения случаев нарушения правил

движения тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств добиться:

- сохранности автомобильных дорог опорной сети;
- обеспечения безопасности дорожного движения.

Автоматические пункты весового и габаритного контроля (АПВГК) преимущественно задействованы для контроля соблюдения правил грузоперевозок с применением большегрузных транспортных средств. Полученные с применением АПВГК данные служат основанием для привлечения нарушителей к ответственности.

АПВГК являются средствами измерений. Следовательно, как каждое средство измерений в сфере государственного регулирования, АПВГК должны быть утвержденного типа, при эксплуатации иметь действующую запись о поверке в Федеральном информационном фонде – ФИФ ОЕИ), иметь полный комплекс метрологического сопровождения.

Однако специфика работы АПВГК (взвешивание в движении, влияние внешней среды, разработка и внедрение эталонных стандартов для обеспечения точности и надежности измерений, установление прослеживаемости результатов взвешивания для обеспечения контроля и верификации данных) предопределяет особые требования к методам их испытаний и поверки.

¹ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Режим доступа: <https://rosavtdor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda?ysclid=mlje6x5161531940885> (дата обращения: 17.12.2025).

² Благодаря нацпроекту продолжается совершенствование дорожной инфраструктуры. Режим доступа: <https://rosavtdor.gov.ru/idzh-dorogi/glavnyenovosti/718726> (дата обращения: 17.12.2025).

Проблематика исследования

Метрологическое обеспечение АПВГК осложняется специфической природой данного процесса и требует опыта, которым многие страны пока не обладают. Из-за этого международные и национальные стандарты зачастую несовместимы друг с другом и сложны для практического применения. В связи с этим остро ощущается необходимость выработки единого подхода к разработке национального стандарта, который установил бы четкие метрологические и технические требования к таким системам, регламентировал методы их испытаний и поверки. При этом, важно отметить: модульные методы испытаний по месту эксплуатации до сих пор не нашли широкого применения. Такая дилемма порождает противоречие между растущим количеством внедряемых АПВГК и отсутствием унифицированной, законодательно закрепленной и метрологически обеспеченной базы для их эксплуатации [5–10].

Подготовка списка литературных источников по теме метрологического обеспечения АПВГК была осложнена малым количеством авторов, глубоко прорабатывающих данную тему. Большая часть перечня доступных публикаций относится к периоду становления технологии (2014–2018 гг.) и принадлежит Вдовину Д. С. [5–8]. Данный факт может вызывать вопросы о репрезентативности источников. Тем не менее, выбор данных работ бесспорен в рамках данного исследования. Во-первых, Вдовин Д. С. является разработчиком систем взвешивания в движении и обладает уникальным практическим опытом. Во-вторых, тема метрологического обеспечения АПВГК остается узкоспециализированной, количество актуальных исследований в открытой печати невелико, что усугубляет необходимость систематизации накопленных знаний.

Цели исследования:

1) систематизировать проблемы метрологического обеспечения автоматических пунктов весового и габаритного контроля на основе анализа информации, опубликованной в открытых источниках;

2) предложить пути решения выявленных проблем.

В указанных целях предстоит решить задачи:

- 1) Анализ метрологических характеристик существующих АПВГК.
- 2) Разработка методов метрологического обеспечения АПВГК
- 3) Разработка эталонной установки для воспроизведения нагрузки на ось

Материалы и методы

Методология обзора

Востребованность метрологических услуг в области весоизмерительного оборудования оценивали по данным из ФИФ ОЕИ. В обзор включали сведения о результатах испытаний и поверок АПВГК за 2013–2025 гг.

Теоретическая база исследования

Процедура весового и габаритного контроля транспортных средств установлена Приказом Минтранса России № 348³. Измерения осевых нагрузок, нагрузок от группы осей и массы транспортного средства проводят в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1847⁴.

АПВГК представляет собой средство измерений, состоящее из нескольких модулей, перечислим основные:

- измерение массы и осевых нагрузок автотранспортных средств (АТС);
- измерение габаритных размеров АТС;
- измерение скорости движения АТС;
- подсчет количества осей и их скатности (количества колес на оси) АТС.

Измерения осевых нагрузок, нагрузок от группы осей и массы транспортного средства проводятся при скорости проезда от 1 до 140 км/ч в диапазоне от 1 500 до 20 000 кг с относительной погрешностью до 11 %.

В данной статье рассматриваются вопросы метрологического обеспечения измерений весовых параметров АТС в движении, которые существенно отличаются от метрологического

³ Об утверждении Порядка осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств : Приказ Минтранса России от 31.08.2020 № 348.

⁴ Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847.

обеспечения измерений весовых параметров в статическом состоянии [11–13].

Ниже представим схему регистрации такого сигнала при проезде транспортного средства через модуль измерения осевой нагрузки (рис. 1) и описание последовательности процедуры измерений весовых параметров АТС в движении.

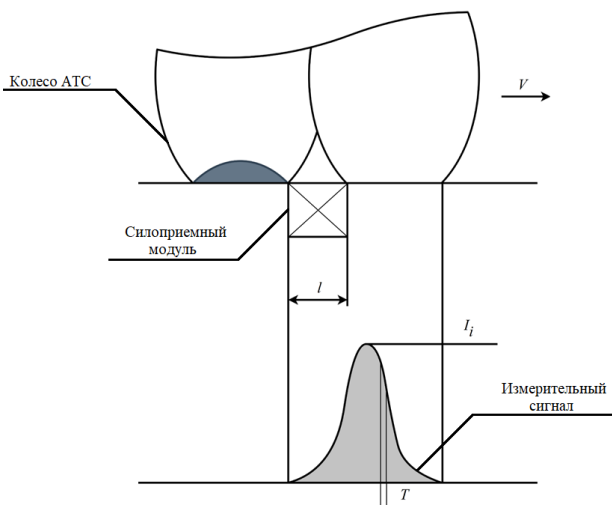


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 1. Сигнал при проезде автотранспортного средства (АТС) через грузоприемный модуль АПВГК: V – скорость движения АТС; l – ширина силоприемного модуля; I_j – наибольшее значение измерительного сигнала; T – период дискретизации измерительного сигнала

Fig. 1. Signal when a vehicle passes through the load-receiving module of an automated WIM system: V – vehicle speed; l – width of the load-receiving module; I_j – maximum value of the measurement signal; T – measurement signal sampling period

Модуль измерения осевой нагрузки состоит из группы тензорезисторных [14] или пьезоэлектрических датчиков, вмонтированных в дорожное полотно. При проезде колес через модуль измерения осевой нагрузки регистрируется измерительный сигнал, форма которого зависит от скорости движения АТС, нагрузки на ось и длины пятна контакта колес с дорогой. Далее модуль обработки сигнала преобразует аналоговый сигнал в цифровой формат и рассчитывает результат измерения в единицах массы – килограммах.

На схеме (рис. 1) видно, что форма зарегистрированного измерительного сигнала зависит от скорости движения АТС, нагрузки на ось и длины пятна контакта колес с дорогой. Начало регистрации измерительного сигнала происходит в момент пересечения пятна контакта границы силоприемного модуля. Пик сигнала приходится на момент, когда центр колеса совпадает с центром силоприемного модуля. Кривая возвращается в исходное положение, когда колесо АТС полностью съезжает с силоприемного модуля. Так формируется измерительный сигнал колоколообразной формы, интегральное значение которого пропорционально нагрузке от колеса АТС.

Результаты и обсуждение

Анализ данных модуля «Поверка»

Подсистема «Аршин» ФИФ ОЕИ содержит 12 утвержденных типов АПВГК. Объединим наименования, метрологические и технические характеристики наиболее распространенных АПВГК (табл. 1).

Данные из табл. 1 свидетельствуют о различиях в метрологических и технических характеристиках АПВГК утвержденного типа в части диапазона измерений, погрешности измерений нагрузки на ось и диапазона рабочей скорости АТС.

Проблемы метрологического обеспечения

Система метрологического обеспечения АПВГК сталкивается с рядом фундаментальных сложностей, влияющих на точность измерений и правоприменительную практику.

Представленные в табл. 1 параметры различных АПВГК демонстрируют значительные расхождения в ключевых метрологических характеристиках: в части диапазона измерения осевой нагрузки, диапазона рабочей скорости, относительной погрешности. Например:

1. Верхний предел диапазона измерений осевой нагрузки АТС для большинства АПВГК достигает значения 20 т при скорости проезда до 140 км/ч, но для некоторых средств измерений значение верхнего предела измерений осевой нагрузки достигает 35 т.

2. Описание типа некоторых АПВГК в определении верхней границы диапазона измерения осевой нагрузки или общей массы

Таблица 1. Характеристики АПВГК утвержденного типа по данным подсистемы «Аршин» ФИФ ОЕИ

Table 1. Characteristics of an approved type of an automated WIM system according to the data from the «Arshin» subsystem of the FIF

Номер в ФИФ ОЕИ	Наименование	Производитель	Диапазон измерения осевой нагрузки, т	Относительная погрешность измерения осевой нагрузки, %	Диапазон рабочей скорости, км/ч
71330-18	СДК.Ам	ОООНИПВФ «Тензор»	от 1,5 до 20 включительно	± 8	от 0 до 90
42677-14	СВК	АО «ВИК “Тензо-М”»	от 1,5 до 20	± 10	от 1 до 140
65644-16	СФЕРА ВИМ	ООО «СФЕРА»	от 0,1 до 30	± 10	от 10 до 140
62524-15	ИБС ВИМ	ООО «ИБС “Экспертиза”»	от 0,1 до 20	± 10	от 5 до 140
87928-23	СКИП-Траффик ВГК	ООО «Новые интеграционные решения»	от 0,1 до 20 и выше	± 10	от 5 до 140
84443-22	ФОРТИС	ООО «ГОРОДСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»	от 0,5 до 35	± 10	от 5 до 140
62427-15	АВАКС-М	ООО «Корпорация “Строй Инвест Проект М”»	от 0,1 до 20	± 10	от 5 до 140
78780-20	АПВГК	ООО «ИЦ “АСИ”»	от 0,1 до 35	± 10	от 1 до 140
52647-13	UnicamWIM	CAMEA spol. sr.o.	от 1 до 35	± 10	от 5 до 140
68162-17	BETAMONT Measure-in-Motion® ZEUS2.0	BETAMONT s. r. o.	от 1 до 20	± 10	от 5 до 140
69877-17	Бизмэн 7	ООО «КАЗАНЬ-ТЕЛЕМАТИКА»	от 1,5 до 20	± 10	от 1 до 140
71822-18	«АРХИМЕД»	ООО «ЛЦЗ»	от 1,5 до 30	± 10	от 5 до 140

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

транспортного средства содержит формулировку «и свыше». Данная формулировка делает невозможным определение метрологических характеристик во всем диапазоне измерений осевой нагрузки и общей массы АТС, так как верхний предел диапазона не определен строго.

3. В связи с широким диапазоном измерения осевой нагрузки при скорости движения до 140 км/ч возникают сложности

с проведением поверки и испытаний АПВГК в целях утверждения типа.

Представим схематически возможности метрологического обеспечения АПВГК в части измерений осевых нагрузок при различных скоростях проезда (рис. 2): зеленым цветом обозначим диапазон измерений осевой нагрузки и скорости, который метрологически обеспечен, оранжевым – обеспечен частично, красным – не обеспечен метрологически.

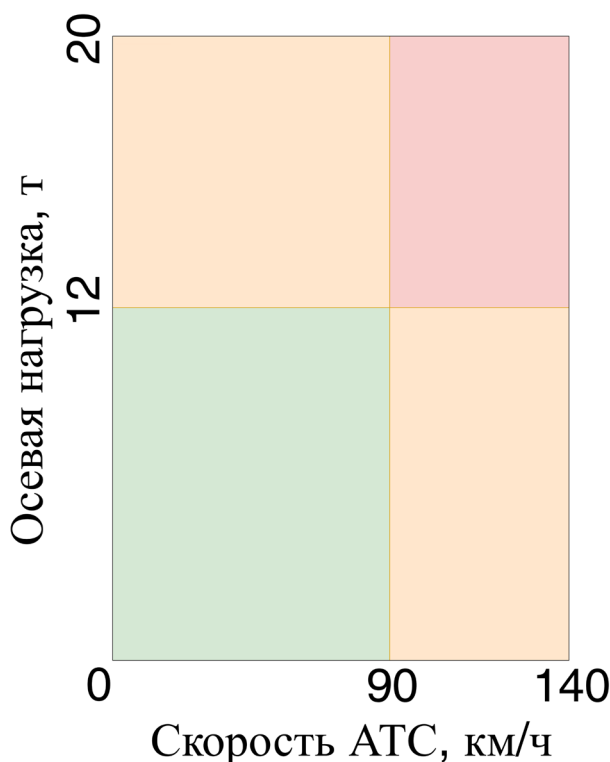


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 2. Возможности метрологического обеспечения АПВГК: зеленый цвет – полностью метрологически обеспеченный диапазон измерений осевой нагрузки и скорости; оранжевый цвет – частично метрологически обеспеченный диапазон измерений осевой нагрузки и скорости; красный цвет – не обеспеченный метрологически диапазон измерений осевой нагрузки и скорости

Fig. 2. Capabilities of metrological assurance for automated WIM systems: green – fully metrologically assured measurement range for axle load and speed; orange – partially metrologically assured measurement range for axle load and speed; red – measurement range for axle load and speed lacking metrological assurance

Принадлежность АПВГК к средствам измерений массы указывает на необходимость обеспечения при испытаниях прослеживаемости к Государственному первичному эталону единицы массы ГЭТ–2020. АПВГК не может быть поверен или испытан с применением эталонных гирь, так как размеры грузоприемного модуля не позволяют провести нагружение гирями во всем диапазоне измерений осевой нагрузки. Кроме того, при таком методе поверки

может быть определена только статическая составляющая инструментальной погрешности средства измерения, в то время как в условиях эксплуатации возникает дополнительная динамическая составляющая инструментальной погрешности СИ и методическая, связанная с состоянием дороги, транспортного средства и другими внешними влияющими факторами.

В настоящее время для определения метрологических характеристик при поверке и испытаниях АПВГК в целях утверждения типа широко распространен метод применения контрольных транспортных средств с различным количеством осей, скатности и массы. В этом случае в качестве опорного принимают значение осевых нагрузок и массы контрольных АТС, измеренных с использованием статических автомобильных весов, погрешность которых не менее чем в 3 раза меньше исследуемого АПВГК. Далее проводят ряд контрольных проездов при различных значениях скорости проезда, осевых нагрузок и массы АТС и подтверждают заявленные метрологические характеристики. Ограничение данного метода заключается в невозможности подтверждения метрологических характеристик во всем диапазоне измерения осевых нагрузок и скорости транспортного средства при сочетании всех влияющих факторов.

Применение транспортного средства с осевой нагрузкой, близкой к значению в 20 т, на большинстве дорог общего пользования является нарушением правил дорожного движения, так как приводит к преждевременному разрушению дорожного полотна. Проведение контрольных проездов имеет ряд ограничений [15]:

1) осевые нагрузки, близкие к значению в 20 т, превышают технические возможности большинства грузовых транспортных средств;

2) скорость проезда, близкая к максимально допустимой для АПВГК (около 140 км/ч), потенциально опасна для водителя;

3) проблематично организовать на открытой местности контрольные проезды с различными значениями влияющих факторов, то есть с заданными значениями температуры, влажности, давления.

Кроме вышеописанных, существуют замечания к методике проведения контрольных

поездов. Опорные значения осевых нагрузок контрольных АТС определяются в статическом режиме на автомобильных весах, а контрольные измерения на АПВГК проводятся в движении. Из-за этого может возникать значительная разница между измеренным опорным значением осевой нагрузки и ее истинным значением, влияющим на грузоприемный модуль АПВГК, так как в движении у АТС происходит перераспределение нагрузок между осями. Это приводит к увеличению методической составляющей погрешности при передаче единицы массы АПВГК.

Пути решения проблем метрологического обеспечения

Решением описанных в публикации проблем может стать применение новых для АПВГК методов поверки и испытаний.

Так, в дополнение к проведению контрольных поездок АТС предлагается реализация метода модульных исследований:

- при проведении испытаний АПВГК в целях утверждения типа;
- при проведении первичной поверки в момент выпуска средства измерений с производства.

Метод модульных испытаний заключается в исследовании модуля измерения осевых нагрузок на эталоне единицы силы до момента его установки по месту эксплуатации. Существующая эталонная база обладает возможностями провести метрологические исследования грузоприемных модулей АПВГК во всем диапазоне измерений осевых нагрузок при статическом нагружении. Такой подход позволит:

- подтвердить работоспособность датчиков и определить статическую инструментальную составляющую погрешности результатов измерений;
- провести измерения при различных значениях температуры и влажности в климатических камерах при наличии соответствующего испытательного оборудования.

Ограничением данного метода является невозможность его применения для АПВГК, в состав которых входят пьезоэлектрические датчики, так как такие датчики работают только в режиме динамического нагружения.

Метрологические исследования при динамическом нагружении грузоприемных модулей АПВГК могут быть проведены с использованием рабочего эталона нагрузки на ось (рис. 3).

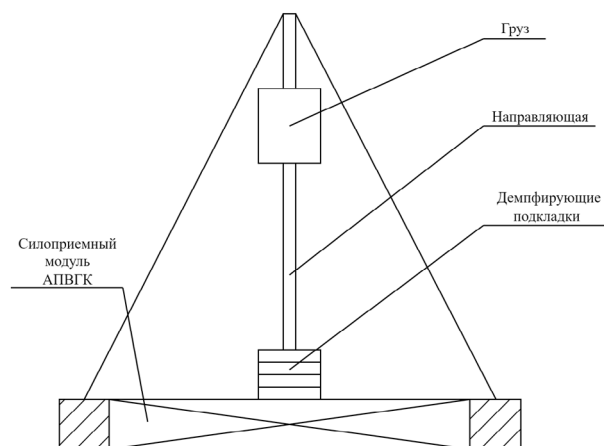


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 3. Конструкция эталона динамической силы
Fig. 3. Design of a dynamic force standard

Конструкция эталона, аналогичная вертикальному копру, снабжена грузом известной массы, закрепленным на оси с возможностью свободного падения вдоль направляющей. Positionирование груза над грузоприемным модулем АПВГК осуществляется через регулируемые опоры, что обеспечивает точное воспроизведение импульса силы, эквивалентного воздействию колеса автотранспортного средства. Демпфирующие подкладки из полиуретана или резины служат для корректировки длительности удара и адаптации к различным скоростям проезда. Предлагаемая эталонная установка обеспечивает воспроизведение динамических нагрузок до 20 т, эквивалентных скорости проезда АТС до 140 км/ч, за счет регулировки массы груза, высоты падения и конструктивных особенностей.

Единица силы передается рабочим эталонам динамической силы от исходного эталона. Исходный эталон нагрузки на ось по конструкции аналогичен рабочему эталону, за исключением того, что в его состав также входят силоизмерительные датчики, которые будут играть роль грузоприемного модуля АПВГК. Для обеспечения прослеживаемости

к государственному первичному эталону метрологические характеристики датчиков, входящих в состав исходного эталона нагрузки на ось, определены с применением эталонов единицы силы.

Также для решения проблем, связанных с метрологическим обеспечением АПВГК, предлагается разработать перечень государственных стандартов, устанавливающих терминологию, общие метрологические и технические требования, методы испытаний и типовую методику поверки АПВГК. Проведение научно-исследовательских работ позволит разработать методы испытаний и поверок при всех различных значениях осевых нагрузок и скорости проезда АТС. Безопасность испытаний АПВГК достигается исключением контрольных проездов перегруженных АТС. Данный подход стандартизирует поверку АПВГК для всего спектра эксплуатационных условий, включая экстремальные нагрузки до 20 т на ось, и устраняет методические пробелы в динамических измерениях.

Заключение

Главный вывод исследования – сложности метрологического обеспечения АПВГК в Российской Федерации в основном обусловлены:

- а) разнообразием технических характеристик таких комплексов;
- б) трудностями при проведении поверки и испытаний при высоких нагрузках и скоростях;
- в) методическими погрешностями, возникающими при сравнении статических и динамических измерений.

Решением установленных в исследовании проблем могло бы стать:

- а) внедрение новых методов поверки, таких как модульные исследования;
- б) разработка эталонов нагрузки на ось, которые позволят более точно воспроизводить реальные условия нагрузки и исключать риски, связанные с испытаниями на дорогах.

Кроме того, способствовать повышению точности и надежности измерений может создание государственных стандартов и проведение научных исследований в области метрологии.

Реализация перечисленных в данной публикации предложений требует активного участия государственных органов, научных учреждений и производителей оборудования для разработки и внедрения современных технологий и стандартов.

Благодарности: Авторы выражают благодарность Михаилу Васильевичу Сенянскому, канд. техн. наук, генеральному директору АО «ВИК “Тензо-М”» за возможность проведения экспериментальных исследований на территории предприятия и обсуждение полученных результатов исследования.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to Mikhail V. Senyansky, Cand. Sci. (Eng.), General Director of JSC «VIK “Tenzo-M”» for the opportunity to conduct experimental research at the enterprise’s premises and for discussing the obtained research results.

Конфликт интересов: Медведевских С. В. является главным редактором журнала «Эталоны. Стандартные образцы», но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Авторы являются сотрудниками учредителя журнала. Однако при написании рукописи статьи авторы руководствовались соображениями научной ценности полученного материала и заявляют о беспристрастности оценки полученных данных. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли. Работа выполнена в рамках диссертационного исследования инженера научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» Иванова М. С. «Метрологическое обеспечение средств измерений импульса силы». Научный руководитель: Шмигельский И. Ю., канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Conflict of interest: Medvedevskikh S. V. is the editor-in-chief of the journal “Measurement Standards. Reference Materials”, but this has nothing to do with the decision to publish this article. The article has undergone the peer review

procedure adopted by the journal. The authors are employees of the journal's founder. However, the authors were guided by reasons of the scientific value of the obtained material and declare the impartiality of the assessment of the obtained data. The authors declared no other conflicts of interest. The work was conducted within the framework of the dissertation research of M. S. Ivanov, Engineer at the Research Laboratory of State Standards in the Field of Mass and Force Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology, titled «Metrological Assurance for Measuring Instruments of Force Impulse». Scientific supervisor: I. Yu. Shmigelskiy, Cand. Sci, (Eng.), Head of the Research Laboratory of State Standards in the Field of Mass and Force Measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology.

Вклад авторов: Шмигельский И. Ю. сформулировал постановку задачи, разработал общую концепцию метрологического обеспечения автоматических пунктов весогабаритного контроля, руководил планированием и проведением экспериментов, сформулировал требования к аттестации установки динамического нагружения и прослеживаемости результатов измерений, участвовал в интерпретации результатов и подготовке текста статьи.

Иванов М. С. выполнил сбор и обработку экспериментальных данных, участвовал в проведении измерений и анализе результатов, подготовил иллюстративный материал и рабочие версии текста.

Медведевских С. В. осуществил комплексный анализ метрологических аспектов функционирования автоматических пунктов весового и габаритного контроля, выполнил детальную математическую обработку и статистический анализ экспериментальных данных (включая разложение дисперсии результатов измерений по вкладам автомобильной дороги,

измерительного комплекса и транспортных средств), консультировал по вопросам аттестации установки динамического нагружения и разработал концепцию метрологической прослеживаемости измерений осевых нагрузок.

Contribution of the authors: Ilya Yu. Shmigelskiy formulated the problem statement, developed the overall concept of metrological support for automatic weight-in-motion control stations, supervised the planning and execution of experiments, defined the requirements for the calibration of the dynamic loading facility and for the traceability of measurement results, and contributed to the interpretation of the results and the preparation of the manuscript.

Maksim S. Ivanov collected and processed the experimental data, participated in the measurements and data analysis, and prepared the graphical material and working versions of the manuscript.

Sergey V. Medvedevskikh carried out a comprehensive analysis of the metrological aspects of the operation of automatic weight-in-motion control stations, performed detailed mathematical processing and statistical analysis of the experimental data (including the decomposition of the variance of the measurement results into the contributions of the road, the measuring system, and the vehicles), provided advice on the calibration of the dynamic loading facility, and developed the concept of metrological traceability of axle-load measurements.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Исаев И. А.* Получение, трансформация, анализ информации о массе движущихся большегрузных дорожных транспортных средств // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 1489–1495.
2. *Володькин П. П., Интизаров С. К., Лазарев В. А.* Совершенствование системы весового и габаритного контроля на федеральных дорогах Дальнего Востока // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 11. С. 22–26. <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2021-11-4>
3. Цифровые технологии для взвешивания транспорта в движении // Мир дорог. 2021. № 139. С. 106–107.
4. *Вебер М.* Как тяжелый грузовой транспорт влияет на состояние дорог в России (системы взвешивания в движении WIM – Weight in Motion на российских улицах) // Вестник транспорта. 2013. № 2. С. 42–44.

5. *Сенянский М. В.* Методологические особенности поосного взвешивания автомобилей // Законодательная и прикладная метрология. 2013. № 1. С. 036–045.
6. *Вдовин В. А., Павлов С. А.* Метрологическое обеспечение взвешивания транспортных средств в движении // Приборы. 2014. № 1 (163). С. 4–11.
7. *Вдовин В. А.* Особенности нормирования и проверки метрологических характеристик приборов для взвешивания транспортных средств в движении // Приборы. 2016. № 1 (187). С. 19–27.
8. Метрологические требования и классификация систем WIM / *В. А. Вдовин [и др.]* // Мир измерений. 2018. № 3. С. 10–13.
9. Вопросы метрологического обеспечения комплексов весогабаритного контроля транспортных средств / *В. А. Вдовин [и др.]* // Мир измерений. 2018. № 2. С. 24–27.
10. *Колчин И. А.* Проблемы современных весогабаритных систем контроля автомобилей в движении и способ их решения // Политехнический молодежный журнал. 2023. № 2 (79). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-02-865>
11. *Замятин Д. С.* Методы калибровки и поверки дозаторов весовых непрерывного действия и конвейерных весов // Эталоны. Стандартные образцы. 2025. Т. 21, № 3. С. 107–123. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-3-107-123>.
12. Результаты исследований нового метода для метрологического обеспечения измерений массы на конвейерных весах / *П. М. Аронов [и др.]* // Эталоны. Стандартные образцы. 2020. Т. 16, № 4. С. 5–16. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-4-5-16>
13. Требования к эталонам единицы силы, применяемым для поверки большегрузных весов / *И. Ю. Шмигельский [и др.]* // Эталоны. Стандартные образцы. 2022. Т. 18, № 3. С. 5–16. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-3-5-16>
14. *Гавриленков С. И., Гаврюшин С. С., Годзиковский В. А.* Система многокритериального проектирования тензорезисторных весоизмерительных датчиков с осесимметричными упругими элементами // Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. № 1 (61). С. 10. <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2017-1-1578>
15. *Masud M. M., Haider S. W.* Effect of static weight errors on Weigh-in-Motion (WIM) system accuracy // Measurement. 2023. Vol. 206. P. 112301. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112301>

REFERENCES

1. Isaev IA. Obtaining, transforming, and analyzing information about the mass of moving heavy-duty road vehicles. *Young Scientist*. 2015;9(89):1489–1495. (In Russ.).
2. Volod'kin PP, Intizarov SK, Lazarev VA. Improvement of the system of weight and dimensional control on federal roads of the far east. *Transport: science, equipment, management. Scientific information collection*. 2021;11:22–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2021-11-4>
3. Digital technologies for weighing vehicles in motion. *Mir dorog*. 2021;139:106–107. (In Russ.).
4. Weber M. How heavy cargo transport affects the condition of roads in Russia (WIM – Weight in motion systems on russian streets). *Vestnik transporta*. 2013;2:42–44. (In Russ.).
5. Senyanskiy MV. Methodological features of weighing of cars on axes. *Legal end Applied Metrology*. 2013;1:036–045. (In Russ.).
6. Vdovin VA, Pavlov SA. Metrological support for vehicle weighing in motion. *Pribory*. 2014;1(163):4–11. (In Russ.).
7. Vdovin VA. Features of standardization and verification of the metrological characteristics of devices for weighing vehicles in motion. *Pribory*. 2016;1(187):19–27. (In Russ.).
8. Vdovin VA, Kivryzhik VP, Nazarov VN, Stepanenko AI. Metrological requirements and classification of WIM systems. *Measurements World*. 2018;3:10–13. (In Russ.).
9. Vdovin VA, Kivryzhik VP, Nazarov VN, Stepanenko AI. Issues of metrological support for vehicle weight and size control systems. *Measurements World*. 2018;2:24–27. (In Russ.).
10. Kolchin I. A. Problems of modern vehicle weight and size control systems in motion and their solution. *Politechnical student journal*. 2023;2(79). (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-2-865>
11. Zamyatin DS. Calibration and verification methods for continuous weighing batchers and conveyor scales. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2025;21(3):107–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-3-107-123>.
12. Aronov PM, Medvedevskikh SV, Firsanov VA, Ostrivnoy AF, Shmigelsky IYu, Kotliarov RYu. Results of researches for new method for metrological assurance of mass measurements on conveyor weigher. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2020;16(4):5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-4-5-16>
13. Shmigelsky IYu, Andreev DV, Ostrivnoi AF, Sychev VV. Requirements for force standards used for verification of heavy scales. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2022;18(3):5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-3-5-16>

14. Gavrilentov SI, Gavryushin SS, Godzikovsky VA. System of multi-criteria design of tensistor weighing sensors with axisymmetric elastic elements. *Engineering journal: science and innovation*. 2017;1(61):10. (In Russ.). <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2017-1-1578>
15. Masud MM, Haider SW. Effect of static weight errors on Weigh-in-Motion (WIM) system accuracy. *Measurement*. 2023;206:112301. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112301>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шмигельский Илья Юрьевич – канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательский лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: i.y.shmigelskiy@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5076-5126>

Иванов Максим Сергеевич – инженер научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: m.s.ivanov@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7154-0008>

Медведевских Сергей Викторович – канд. техн. наук, руководитель отделения механических измерений, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: s.v.medvedevskih@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3084-1612>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ilya Yu. Shmigelskiy – Cand. Sci. (Eng.), Head of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: [e-mail: i.y.shmigelskiy@vniim.ru](mailto:i.y.shmigelskiy@vniim.ru)
<https://orcid.org/0009-0006-5076-5126>

Maksim S. Ivanov – Engineer of the Mass and Force Laboratory D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovskiy ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: m.s.ivanov@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7154-0008>

Sergey V. Medvedevskikh – Cand. Sci. (Eng.), head of mechanical measurements department, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: s.v.medvedevskih@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3084-1612>

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья

УДК 006.91:351.821:681.269

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-28-46>



Распространенные ошибки при испытаниях весов неавтоматического действия в целях утверждения типа на соответствие ГОСТ OIML R76–1–2011*

В. И. Богданова¹ ✉, И. Ю. Шмигельский¹ , Д. В. Андреев¹, З. И. Осока² ✉

¹ ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия
✉ 2301@vniim.ru

² Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии,
г. Москва, Россия
✉ secrmetrolupr@rst.gov.ru

Аннотация: Весы неавтоматического действия – одно из самых распространенных средств измерений массы. В Российской Федерации допущены к применению весы, соответствующие требованиям международного стандарта ГОСТ OIML R76–1–2011 «ГСИ. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания». Также допустимы весы, изготовленные по технической документации производителя (авторы материала вводят понятие «весы по ТУ», подразумевая аббревиатуру ТУ, или технические условия, как один из вариантов технической документации). Соответственно, подходы к испытаниям весов в целях утверждения типа применяются в зависимости от разновидности весов.

Однако отсутствие единого подхода к испытаниям создает условия для недобросовестной конкуренции между испытательными центрами. Проведенный Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) в 2025 году анализ зафиксировал системные нарушения в практике испытаний у ряда аккредитованных центров.

Первый шаг к устранению проблем – приведенный в настоящей статье анализ основных ошибок, допускаемых испытательными центрами при испытаниях весов неавтоматического действия в целях утверждения типа. Опорным документом для обзора стал протокол заседания комиссии «Измерения механических величин» при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 25 сентября 2025 года. Также в работе систематизированы данные 26 федеральных и ведомственных нормативных документов: законодательных актов, методик измерений, российских и зарубежных государственных стандартов.

Результатом анализа стали объединенные в одной публикации разъяснения требований ГОСТ OIML R76–1–2011 к процедурам испытаний. Особое внимание уделено требованиям к защите весов, отбору образцов для испытаний, температурным испытаниям с последовательными циклами нагрева-охлаждения и эксплуатационным испытаниям на помехи. Показано, что изготовленные

* Публикация подготовлена на основе доклада, представленного на Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», которая прошла 1–3 июля 2025 года во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева. Статья была принята к публикации после доработки рукописи и прохождения процедуры рецензирования.

не в соответствии с ГОСТ OIML R76–1–2011 весы не выдерживают процедуру испытаний на соответствие данному документу при строгом соблюдении его требований.

Настоящая публикация подготовлена с опорой на результаты анализа, проведенного Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), направленного на устранение условий для недобросовестной конкуренции и угроз недостоверных результатов измерений. В 2025 году начата и в 2026-м продолжается актуализация ГОСТ OIML R76–1–2011 с внесением уточнений и требований, соответствующих современной практике. Выводы статьи могут послужить практическим руководством при проведении указанной работы. Публикация адресована широкому кругу читателей, в первую очередь, – испытателям, производителям и пользователям весов.

Ключевые слова: процедура испытаний, весы неавтоматического действия, испытания средств измерений, утверждение типа, ГОСТ OIML R 76–1–2011, государственное регулирование обеспечения единства измерений, отбор образцов, температурные испытания, защита от несанкционированного вмешательства

Для цитирования: Распространенные ошибки при испытаниях весов неавтоматического действия в целях утверждения типа на соответствие ГОСТ OIML R 76–1–2011 / В. И. Богданова [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 28–46. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-28-46>

Статья поступила в редакцию 16.01.2026; одобрена после рецензирования 01.02.2026; принята к публикации 25.03.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Review Article

Common Errors in Type Approval Testing of Non-Automatic Weighing Instruments for Compliance with GOST OIML R 76–1–2011

Viktoriya I. Bogdanova¹ ✉, Ilya Yu. Shmigelskiy¹ , Dmitrii V. Andreev¹, Zakhar I. Osoka² ✉

¹ D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia
✉ 2301@vniim.ru

² Federal Agency on Technical Regulating and Metrology (Rosstandart), Moscow, Russia
✉ secrmetrolupr@rst.gov.ru

Abstract: Non-automatic weighing instruments are among the most widely used mass measuring instruments. In the Russian Federation, both weighing instruments that comply with the requirements of the international standard GOST OIML R 76–1–2011 “State System for Ensuring the Uniformity of Measurements. Non-automatic weighing instruments. Part 1. Metrological and technical requirements. Tests” and instruments manufactured according to the producer’s technical documentation (hereinafter referred to as TU instruments) are permitted for use. Consequently, approaches to testing weighing instruments for type approval purposes are applied depending on the category of instrument.

However, the lack of a unified approach to testing creates conditions for unfair competition among testing centers. An analysis conducted by the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart) in 2025 identified systemic violations in the testing practices of a number of accredited centers.

The first step towards addressing these issues is the analysis presented in this article of the main errors made by testing centers during type approval testing of non-automatic weighing instruments. The review is based on the minutes of the meeting of the commission “Measurements of Mechanical Quantities” under the Federal Agency on Technical Regulating and Metrology (Rosstandart) dated September 25, 2025. Data from 26 federal and departmental regulatory documents have been systematized, including legislative acts, measurement procedures, and Russian and foreign standards.

The analysis has resulted in a consolidated explanation of the requirements of GOST OIML R 76–1–2011 for testing procedures. Particular attention is paid to the requirements for instrument protection, sample selection for testing, temperature testing with sequential heating–cooling cycles, and in-use disturbance tests. It is shown that weighing instruments manufactured not in accordance with GOST OIML R 76–1–2011 fail the conformity testing procedure to this document when its requirements are strictly observed.

This publication is based on the results of the analysis conducted by the Federal Agency on Technical Regulating and Metrology (Rosstandart), aimed at eliminating conditions for unfair competition and threats of unreliable measurement results. In 2025, the updating of GOST OIML R 76–1–2011 was initiated and continues in 2026, with the introduction of clarifications and requirements corresponding to current practice. The findings of the article can serve as a practical guide for this work. The publication is addressed to a wide audience, primarily testers, producers and users of weighing instruments.

Keywords: testing procedure, non-automatic weighing instruments, testing of measuring instruments, type approval, GOST OIML R 76–1–2011, state regulation of ensuring the uniformity of measurements, sample selection, temperature testing, protection against unauthorized interference

For citation: Bogdanova VI, Shmigelskiy IYu, Andreev DV, Osoka ZI. Common errors in type approval testing of non-automatic weighing instruments for compliance with GOST OIML R 76–1–2011. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):28–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-28-46>

The article was submitted 16.01.2026; approved after reviewing 01.02.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Производство, применение, метрологическое обеспечение весов неавтоматического действия регламентировано Федеральным законом № 102-ФЗ¹. В частности, документ устанавливает, что все средства измерений в сфере государственного регулирования и обеспечения единства измерений подлежат утверждению типа и поверке² – комплексной процедуре, включающей испытания, подтверждающие соответствие заявленным метрологическим и техническим характеристикам.

¹ Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (в редакции от 14.02.2024 № 18-ФЗ).

² О перечне средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии : Постановление Правительства Российской Федерации от 20 апреля 2010 г. № 250 (ред. от 04.02.2021).

В Российской Федерации допускается применение весов условно двух видов³:

- 1) соответствующих требованиям международного стандарта ГОСТ OIML R 76–1–2011⁴;
- 2) изготовленных по технической документации производителя (весы по ТУ).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) на основании проведенного в 2025 г. анализа констатировало критическую ситуацию в области испытаний весов неавтоматического действия в целях утверждения типа. В материалах протокола заседания комиссии по видам измерений «Измерения механических величин» при Росстандарте от 25 сентября 2025 г. были систематизированы основные ошибки,

³ ГОСТ Р 8.1030–2024 Государственная система обеспечения единства измерений. Классификация средств измерений.

⁴ ГОСТ OIML R 76–1–2011 ГСИ. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания.

допускаемые аккредитованными испытательными центрами^{5,6}.

Приведем основные тезисы документа.

1. Некорректная идентификация весов как соответствующих ГОСТ OIML R 76–1–2011, когда они на самом деле изготовлены по ТУ или имеют отклонения в конструкции.

2. Недостаточное количество образцов при испытаниях: вместо испытаний образцов каждого семейства весов испытывают только отдельные модификации.

3. Нарушения при проведении температурных испытаний: отсутствие последовательных циклов нагрева и охлаждения, юстировки при каждой температуре.

4. Подмена испытаний на электромагнитную совместимость декларированием по техническим регламентам Таможенного союза: вместо выполнения эксплуатационных испытаний на помехи по разделу В.3 стандарта.

Наличие этих ошибок вводит в заблуждение потребителей, создает условия для недобросовестной конкуренции и угрожает достоверности измерений в стране.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости системного анализа причин выявленных ошибок и выработки рекомендаций по повышению качества испытаний весов в целях утверждения типа.

Целью настоящей работы является систематизация основных ошибок при испытаниях весов в целях утверждения типа, разъяснение требований ГОСТ OIML R 76–1–2011 и предложение рекомендаций по повышению качества испытаний.

С данной целью будут решены следующие задачи:

- систематизированы основные ошибки при испытаниях весов в целях утверждения типа;
- **р а з њ а с н е н ы т р е б о в а н и я** ГОСТ OIML R 76–1–2011;

⁵ Протокол заседания комиссии по видам измерений (измерениям механических величин) при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2025 года.

⁶ Перечень основных допускаемых ошибок при проведении испытаний в целях утверждения типа весов неавтоматического действия с разъяснениями. ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 2025.

Планируется рассмотреть:

- особенности испытаний весов по ГОСТ OIML R 76–1–2011;
- особенности испытаний весов по ТУ;
- требования к отбору образцов и защите от несанкционированного вмешательства;
- специфику температурных испытаний и испытаний на помехи.

Материалы и методы

Концепция публикации

Концепция публикации опирается на протокол комиссии «Измерения механических величин» при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 25 сентября 2025 г.⁷

Систематизированы данные 26 федеральных и ведомственных нормативных документов: законодательных актов, методик измерений, российских и зарубежных государственных стандартов.

К сведению были приняты материалы Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания» [1], в числе организаторов которой – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), а также ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева» (далее – ВНИИМ), сотрудниками которого являются авторы настоящей статьи.

Теоретические основы

Процедура испытаний весов неавтоматического действия в Российской Федерации опирается на положения нормативно-правовой документации, которую рассмотрим далее.

Главенствующие документы в нашей стране для обращения с весами – Федеральный закон № 102-ФЗ и Приказ Минпромторга № 2905⁸. В сфере технического регули-

⁷ Об утверждении состава комиссии по видам измерений (измерениям механических величин) при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии : Приказ Росстандарта от 13 марта 2025 г. № 501.

⁸ Об утверждении Порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, Порядка утверждения типа

рования можно использовать как весы по ГОСТ OIML R 76–1–2011, так и весы по ТУ. Вследствие этого иногда у пользователей возникают вопросы и противоречия как в области испытаний весов, так и в процессе их применения.

До 1 декабря 2025 г. наряду с ГОСТ OIML R 76–1–2011 в Российской Федерации действовал ГОСТ Р 53228–2008⁹ согласно Приказу Росстандарта № 660¹⁰ о совместном применении вышеуказанных стандартов.

Порядок проведения испытаний регламентирован Приказом Минпромторга России № 2905.

Порядок оформления заявок и заявлений, формирования пакета документов при утверждении типа средств измерений, дальнейшем внесении изменений в сведения, содержащиеся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, содержатся в МИ 3650-2022¹¹.

ГОСТ OIML R 76–1–2011 идентичен международной рекомендации МОЗМ Р 76–1:2006¹², которая содержит подробные требования к конструкции, метрологическим характеристикам, процедурам испытаний, отбору

стандартных образцов или типа средств измерений, Порядка выдачи свидетельств об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, установления и изменения срока действия указанных свидетельств и интервала между поверками средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения : Приказ Минпромторга России от 28 августа 2020 г. № 2905.

⁹ ГОСТ Р 53228–2008 Весы неавтоматического действия. Метрологические и технические требования. Испытания.

¹⁰ О совместном применении межгосударственного и национального стандартов на весы неавтоматического действия : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июня 2013 г. № 660.

¹¹ МИ 3650-2022 «ГСИ. Рекомендация по оформлению заявок, заявлений и прилагаемых к ним документов при утверждении типа средств измерений и внесении изменений в сведения о них, содержащиеся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений».

¹² OIML R 76-1:2006 Non-automatic weighing instruments – Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

образцов, защите от несанкционированного вмешательства, программному обеспечению и маркировке.

Требования к торговым весам рассмотрим отдельно. Постановление Правительства РФ № 1847¹³ устанавливает обязательные метрологические требования к измерениям при осуществлении торговли. В частности, пункт 5.1.2 данного постановления регламентирует измерение массы (объема) при торговле, устанавливая диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности измерений (например, $\pm 0,2$ г – от 10 до 100 г включительно; $\pm 0,4$ г – от 100 до 500 г включительно).

Однако требования Постановления Правительства РФ № 1847 ограничиваются лишь указанием диапазона и погрешности измерений, что является недостаточным для полноценного обеспечения достоверности измерений в торговле.

Важно! Специалисты ВНИИМ считают целесообразным дать в пункте 5.1.2 Постановления № 1847 ссылку на ГОСТ OIML R 76–1–2011, поскольку этот стандарт полноценно описывает требования к торговым весам, что также является общепризнанной мировой практикой. ГОСТ OIML R 76–1–2011 содержит детальные требования к весам, предназначенным для использования при прямой продаже населению (п. 4.13), и дополнительные требования к весам с вычислением стоимости (п. 4.14), что обеспечивает защиту прав потребителей и предотвращает недобросовестную конкуренцию.

Международная деятельность

Важно отметить, что ВНИИМ активно участвует в пересмотре международной рекомендации OIML R 76¹⁴ для весов неавтоматического действия. Специалисты

¹³ Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847 (в ред. от 24.09.2024).

¹⁴ Рабочее пространство: OIML R 76 и международная стандартизация. Материалы OIML TC9/SC1/p 1 по пересмотру OIML R 76. ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Режим доступа: https://www.oiml.org/en/tc-sc-pg/projectedit_view?idproject=427 (дата обращения: 13.02.2026).

ВНИИМ входят в состав рабочей группы OIML TC9/SC1. Представитель ВНИИМ возглавляет подгруппу Verification по разработке раздела, посвященного процедурам поверки¹⁵, что обеспечивает согласованность новой редакции OIML R 76 с российской практикой и планируемой актуализацией ГОСТ OIML R 76–1–2011.

Важно! ВНИИМ предлагает включить в новую редакцию R 76-5 методы поверки большегрузных автомобильных и железнодорожных весов с использованием эталонов силы (силоизмерительных преобразователей)^{16, 17, 18} [2–7]. Такой подход создает прямую связь с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы (Приказ Росстандарта № 1622¹⁹), позволяя использовать прослеживаемость²⁰ не только к Государственному первичному эталону²¹ единицы массы – килограмма

¹⁵ OIML. Режим доступа: https://www.oiml.org/en/tc-sc-pg/contact_prj_view?idproject=427&idcountry=178&idcountryrole=1&s=1 (дата обращения: 13.02.2026).

¹⁶ ОКР «Совершенствование методов и средств метрологического обеспечения измерений давления и больших масс, прослеживаемых к эталонам единиц массы и силы». Шифр «Масса и сила». Регистрационный номер АААА-А17-117081620022-8. Шмигельский И. Ю., Остривной А. Ф., Котляров Р. Ю. и др.

¹⁷ НИР «Проведение теоретических и экспериментальных исследований новых эффективных методов и средств испытаний, калибровки и поверки большегрузных весов с применением средств измерений силы». Шифр «Безгирная поверка». Регистрационный номер НИР: 222030500088-8. Шмигельский И. Ю., Андреев Д. В. и др.

¹⁸ НИР «Разработка автоматизированных методов обработки результатов измерений силы и совершенствование методов поверки средств измерений массы и силы». Шифр «Безгирная поверка 2». Регистрационный номер НИР:123032700084-2. Шмигельский И. Ю., Андреев Д. В., Сычев В. В., Иванов М. С., Чечель В. А.

¹⁹ Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы : Приказ Росстандарта от 4 июля 2022 г. № 1622.

²⁰ Об утверждении требований к содержанию и построению государственных и локальных поверочных схем, оформлению материалов аттестации эталонов единиц величин и форм свидетельств об аттестации : Приказ Минпромторга России от 11 февраля 2020 г. № 456.

²¹ Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : Постановление Правительства

(ГЭТ 3), но и к Государственному первичному эталону силы (ГЭТ 32). Такое решение позволит отказаться от использования крупногабаритных эталонных гирь, что значительно упростит и удешевит поверку^{22, 23} весов большой грузоподъемности.

Вывод раздела

Нормативно-правовая база испытаний весов в Российской Федерации базируется на ФЗ № 102, Приказе № 2905, МИ 3650-2022 и гармонизирована с международными рекомендациями МОЗМ через ГОСТ OIML R 76–1–2011. Участие ВНИИМ в международной работе по пересмотру OIML R 76 обеспечивает своевременную актуализацию российских стандартов в соответствии с мировыми тенденциями и передовым опытом метрологического обеспечения.

Особенности нормирования метрологических характеристик весов

Нормирование метрологических характеристик весов неавтоматического действия в Российской Федерации зависит от вида весов и основополагающего нормативного документа, в соответствии с которым они изготовлены, – ГОСТ 8.009–84²⁴. Существуют два основных подхода к нормированию метрологических характеристик.

Первый подход. Весы, произведенные по технической документации изготовителя (весы по ТУ)

Практически все известные изготовители весов по ТУ в качестве основных нормируемых метрологических характеристик применяют стандартное отклонение (standard deviation) и ли-

Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 (ред. от 21.10.2019).

²² Об утверждении Порядка установления и изменения интервалов между поверками средств измерений и требований к методикам поверки : Приказ Минпромторга России от 28 августа 2020 г. № 2907.

²³ Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке : Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510.

²⁴ ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

нейность/нелинейность (linearity/non-linearity). В России иногда также нормируют допускаемую погрешность весов.

В обоих вариантах нормирование метрологических характеристик соответствует требованиям ГОСТ 8.009-84, который позволяет нормировать либо допускаемую суммарную погрешность, включающую в себя систематическую и случайную составляющие, либо составляющие погрешности по отдельности.

В отношении весов по ТУ эти характеристики трактуются следующим образом:

1) **стандартное отклонение** (среднее квадратическое отклонение, СКО) – это случайная составляющая допускаемой погрешности весов;

2) **нелинейность** – это систематическая составляющая допускаемой погрешности.

В части требований к испытаниям в целях утверждения типа весов по ТУ достаточно выполнить требования ФЗ № 102 и Приказа № 2905. При этом общий объем испытаний, количество образцов для испытаний и методики испытаний выбирает испытатель по своему усмотрению. Так, по ТУ защита весов от несанкционированных настроек и вмешательств, как правило, реализуется установкой пломб, защитных крышек и специальных замков на корпус весов, что не решает проблему некачественной настройки (юстировки) весов в процессе эксплуатации, например, с применением внешней юстировочной гири.

Второй подход. Весы, произведенные в соответствии с ГОСТ OIML R 76–1–2011

Для весов, изготавливаемых в соответствии с ГОСТ OIML R 76–1–2011, подход к нормированию метрологических характеристик существенно отличается. Стандарт

устанавливает четыре класса точности для весов: специальный (I), высокий (II), средний (III) и обычный (III)²⁵.

Пределы допускаемой погрешности весов нормируют для всего класса точности весов исходя из значений:

- поверочных интервалов (e);
- числа поверочных интервалов (n);
- нагрузки.

Например, для весов специального (I) класса точности по ГОСТ OIML R 76–1–2011, основной массив которых находит применение в аналитических измерениях, наименьшее возможное значение пределов допускаемой погрешности составляет $\pm 0,5$ мг при первичной и периодической поверке (процедура описана в п. 3.4.1 ГОСТ OIML R 76–1–2011).

Действительное значение погрешности весов специального (I) класса точности не должно превышать установленных пределов и может составлять меньшую величину в данных конкретных условиях эксплуатации. Пределы допускаемой погрешности весов специального (I) класса точности по ГОСТ OIML R 76–1–2011 при поверке установлены в интервалах взвешивания, как показано в табл. 1.

Для весов других классов точности пределы допускаемой погрешности также определяются через поверочные интервалы и нагрузку. Стандарт подробно регламентирует требования к конструкции весов, метрологическим характеристикам, классификации весов, эталонам,

²⁵ В данной публикации начертание условных обозначений классов точности для весов, а именно специального (I), высокого (II), среднего (III), обычного (III), в точности воспроизводит их начертание в оригинале документа «ГОСТ OIML R 76–1–2011 ГСИ. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания». М. : Стандартинформ, 2013.

Таблица 1. Пределы допускаемой погрешности весов специального (I) класса точности
Table 1. Permissible error limits for weighing instruments of special (I) accuracy class

Интервалы взвешивания	Пределы допускаемой погрешности
от Min до 50 г включительно	$\pm 0,5$ мг
свыше 50 до 200 г включительно	$\pm 1,0$ мг
свыше 200 г до Max	$\pm 1,5$ мг

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

изменениям, обусловленным влияющими величинами и временем (наклоны, диапазон рабочих температур, электропитание, ползучесть, невозврат к нулю, долговечность), процедуре и методам испытаний в целях утверждения типа, отбору и количеству образцов, защите, программному обеспечению, весам, предназначенным для использования при прямой продаже населению, маркировке.

Сопоставление двух подходов

Различия положений о нормировании метрологических характеристик и требований к испытаниям весов по ТУ и весов по ГОСТ OIML R 76–1–2011 объединим в табл. 2.

Как видно из табл. 2, ГОСТ OIML R 76–1–2011 содержит исчерпывающие сведения (требования и способы проверки):

Таблица 2. Сравнение требований к весам по ТУ и по ГОСТ OIML R 76–1–2011

Table 2. Comparison of requirements for weighing instruments according to TU and GOST OIML R 76–1–2011

Характеристика	Весы по ТУ	Весы по ГОСТ OIML R 76-1-2011
Нормируемые метрологические характеристики	Стандартное отклонение (СКО) и нелинейность; иногда допускаемая погрешность	Пределы допускаемой погрешности через поверочные интервалы (e), число поверочных интервалов (n) и нагрузку
Классификация	Отсутствует единая классификация	Четыре класса точности: специальный (I), высокий (II), средний (III), обычный (III)
Объем испытаний	Определяется испытателем по своему усмотрению	Четко регламентирован стандартом (процедуры, методы, количество образцов); дополнительные требования для весов с программным управлением
Отбор образцов	На усмотрение испытателя	Подробно описан в п. 3.10.4 стандарта
Защита от несанкционированного вмешательства	Пломбы, защитные крышки, замки на корпусе	Для защищаемых компонентов весов и предварительно установленных регулировок предусмотрены средства, исключающие доступ к ним и их регулировку. Несбрасываемый счетчик юстировок (кроме класса I и весов, снабженных автоматическим или полуавтоматическим устройством юстировки чувствительности только внутренней юстировочной гирей); защита устройства компенсации гравитации
Температурные испытания	Испытания при крайних значениях температуры	Последовательные циклы нагревания-охлаждения; единственная юстировка перед испытаниями
Дополнительные испытания	Не регламентированы	Влажное тепло (для $e \geq 1$ г); эксплуатационные испытания на помехи (раздел В.3)

Окончание табл. 2

End of Table 2

Характеристика	Весы по ТУ	Весы по ГОСТ OIML R 76-1-2011
Требования к торговым весам, в том числе к весам, используемым при прямой продаже населению	Минимальные или отсутствуют	Детальные требования (например, п. 4.13, п. 4.14)
Документация	Минимальные требования	Обязательный перечень описательных документов (п. 8)
Ресурсы для изготовления	Относительно низкие	Значительные финансовые, профессиональные, производственные ресурсы
Ценовая категория	Низкая/Средняя	Высокая

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

– для процедуры утверждения типа – по Приказу № 2905;

– для применения весов в сфере технического регулирования – по ФЗ № 102.

При выполнении испытателем всех процедур профессионально и в точном соответствии с ГОСТ OIML R 76–1–2011 весы, изготовленные не в соответствии с данным стандартом, не пройдут процедуру испытаний в целях утверждения типа на соответствие ГОСТ OIML R 76–1–2011.

Вывод раздела

ГОСТ OIML R 76–1–2011 содержит все необходимые требования и способы проверки для проведения испытаний в целях утверждения типа. При выполнении испытателем всех процедур профессионально и в точности со стандартом весы, изначально изготовленные не в соответствии с ГОСТ OIML R 76–1–2011, не пройдут испытания на соответствие данному документу.

Изготовление весов по ГОСТ OIML R 76–1–2011 (OIML R 76-1:2006) требует значительно больших ресурсов, чем производство весов по ТУ, что объясняет более высокую ценовую категорию первых. Однако испытания по ГОСТ OIML R 76–1–2011 при надлежащем проведении гарантируют точность

и надежность измерений, соответствие законодательству и защиту потребителей, особенно в части торговых весов, полноценные требования к которым приведены только в данном стандарте.

Требования ГОСТ OIML R 76–1–2011 к испытаниям в целях утверждения типа

Отбор образцов

П. 3.10.4 ГОСТ OIML R 76–1–2011 однозначно (недвусмысленно) трактует порядок отбора образцов – ключевой этап испытаний весов в целях утверждения типа.

Важно! Стандарт предусматривает испытание семейства весов или модулей. Под семейством в ГОСТ OIML R 76–1–2011 понимаются весы, оборудованные:

- одним и тем же семейством индикаторов;
- одним и тем же семейством весоизмерительных датчиков;
- одним и тем же грузопередающим устройством.

Иными словами, семейство – это группа весов, построенных на единой конструктивной платформе (одинаковый дисплей, одинаковый датчик, одинаковая механическая часть), которые могут различаться по наибольшему пределу взвешивания или другим параметрам

в рамках одной конструкции. Стандарт устанавливает необходимое количество образцов, на основе испытаний которых подтверждаются метрологические и технические характеристики всего семейства весов. При меньшем числе образцов весов испытания будут недостоверны и не смогут служить основанием для выдачи свидетельства об утверждении типа.

Следовательно, на испытания должны быть представлены образцы весов с каждым семейством индикаторов и каждым семейством датчиков. Каждый образец должен иметь полную идентификацию, позволяющую однозначно отличить его от других образцов, особенно если семейство содержит несколько модификаций.

Частая ошибка при испытаниях весов – предоставление недостаточного количества образцов, например:

- испытание только одного индикатора при наличии нескольких модификаций (семейств);
- испытание только одного датчика при использовании нескольких семейств датчиков.

Такая практика приводит к недостоверным результатам, не гарантирует соответствие всего типа весов требованиям ГОСТ OIML R 76–1–2011. В то время как ГОСТ OIML R 76–1–2011 наделяет испытателя правом попросить для испытаний дополнительные экземпляры с целью подтверждения механических/технических характеристик.

Защита от несанкционированного вмешательства

П. 4.1.2 ГОСТ OIML R 76–1–2011 регламентирует защиту конструкции весов от несанкционированного вмешательства. Положение является обязательным требованием, установленным ФЗ № 102.

Средства, исключающие доступ к ним или их регулировку, должны быть предусмотрены:

- для всех классов весов, за исключением специального (I) класса точности;
- для защищаемых компонентов весов и предварительно установленных регулировок.

Весы специального (I) класса точности исключаются из требования на полную защиту по двум причинам:

1) высокая чувствительность весов к условиям эксплуатации, которые оказывают непосредственное влияние на погрешность средства

измерений, вследствие чего необходима регулярная юстировка весов в процессе эксплуатации на месте их использования;

2) наличие встроенной юстировочной гири, на которую исключено внешнее воздействие, что также исключает использование для юстировки нагрузки, не соответствующей требованиям к метрологическим характеристикам весов.

В весах остальных классов точности в соответствии с данным стандартом рекомендуется использовать в качестве наиболее приемлемого технического решения несбрасываемый счетчик юстировок, который изменяет показание каждый раз при входе в защищенный режим весов и служит индикатором того, что было произведено несанкционированное вмешательство в настройки весов.

Для весов по ТУ защита от несанкционированного вмешательства, как правило, реализуется установкой пломб, защитных крышек и специальных замков на корпус весов. Для весов по ГОСТ OIML R 76–1–2011 основным средством защиты может являться несбрасываемый счетчик юстировок (электронное устройство, фиксирующее каждый факт входа в защищенный режим настройки весов).

Процедура проверки показания счетчика, как указано в стандарте, должна быть подробно описана в руководстве по эксплуатации (РЭ) и в описании типа (ОТ), включая описание самого счетчика и принципа его действия. Недостаточно в ОТ просто заявить о наличии счетчика юстировок: отсутствие подробной информации может свидетельствовать о недобросовестности испытателя или несоответствии весов требованиям стандарта.

Требование к защите показаний счетчика от вмешательства и случайных изменений также приведено в ГОСТ OIML R 76–1–2011: показание счетчика и серийный номер (или другой идентификационный параметр) должны быть отображены на дисплее по ручной команде и сличены с соответствующими данными на корпусе весов.

Важно! Практика ВНИИМ допускает фиксацию показаний счетчика в руководстве по эксплуатации или паспорте весов при условии, что наличие эксплуатационных документов является обязательным при выполнении

поверки весов в процессе эксплуатации, о чем обязательно указывается в описании типа. Наличие разницы между показанием счетчика при поверке и зафиксированным значением свидетельствует о несанкционированном вмешательстве.

П. 4.1.2.6 ГОСТ OIML R 76–1–2011 содержит требование к защите устройства для компенсации влияния изменения гравитации (при его наличии), что также должно быть отражено в описании типа и руководстве по эксплуатации. В настоящее время существует проблема применения весов (за исключением специального (I) класса), в конструкции которых отсутствует устройство для компенсации влияния изменения гравитации, что может привести к значительным погрешностям при использовании весов в разных географических точках.

Температурные испытания

П. А.5.3 Приложения А ГОСТ OIML R 76–1–2011 регламентирует температурные испытания весов – один из самых ответственных видов испытаний для подтверждения соответствия стандарту. Как правило, при четком соблюдении требований к температурным испытаниям не соответствующие ГОСТ OIML R 76–1–2011 весы не выдерживают испытаний уже в части требований влияния температуры на показания ненагруженных весов.

Важно! В отличие от испытаний весов по ТУ, температурные испытания весов по ГОСТ OIML R 76–1–2011 предполагают полное описание комплекса процедур последовательных циклов нагрева и охлаждения весов, а не только испытания при крайних значениях рабочего температурного диапазона. При этом автоматическое устройство установки на нуль или устройство слежения за нулем должны быть отключены во время прохождения испытания, что существенно повышает требования к метрологическим характеристикам весов.

П. А.4.1.8 ГОСТ OIML R 76–1–2011 устанавливает, что полуавтоматическое устройство для юстировки весов должно быть использовано только один раз – перед первым испытанием весов (за исключением весов специального (I) класса). Таким образом, все процедуры

испытания весов, в том числе температурные испытания (п. А.5.3) и испытание на долговечность (п. А.6), должны быть выполнены на одной первоначальной юстировке весов на протяжении примерно 28 дней непрерывного испытания.

Критическое значение имеет температурный коэффициент чувствительности тензорезисторных датчиков, равный $kt = \pm (10^{-5})/^\circ\text{C}$. Оценка погрешности, вызванной изменением температуры, рассчитывается по формуле

$$\Delta m = m \cdot kt \cdot \Delta t,$$

где m – значение массы; Δt – изменение температуры в градусах Цельсия.

В отсутствие юстировки при каждой температуре погрешность, связанная с изменениями градуировочной характеристики, многократно превышает значения пределов допускаемой погрешности, установленных в ГОСТ OIML R 76–1–2011, и весы не пройдут испытания.

Испытания на электромагнитную совместимость и эксплуатационные испытания на помехи

ГОСТ OIML R 76–1–2011 регламентирует обязательные дополнительные испытания электронных весов:

- испытания на влажное тепло (для весов с поверочным интервалом $e \geq 1$ г);
- эксплуатационные испытания на помехи.

Важно! Испытания по разделу В.3 «Эксплуатационные испытания на помехи» ГОСТ OIML R 76–1–2011 проводятся в специально оборудованных лабораториях, аккредитованных на право проведения испытаний в целях утверждения типа. Цель испытаний – проверка устойчивости весов к электромагнитным помехам в реальных условиях эксплуатации с подтверждением метрологических характеристик весов при наличии различных источников помех, например таких как, мобильных телефонов, радиоустановок, высокочастотных нагревателей. Декларирование соответствия техническим регламентам ТР ТС 020/2011 и ТР ТС 004/2011 – отдельная процедура, которая не может заменять требования ГОСТ OIML R 76–1–2011.

Требования к описательным документам

П. 8 ГОСТ OIML R 76–1–2011 приводит обязательные требования к описательным документам, которые должен предоставлять заявитель органу, проводящему испытания весов в целях утверждения типа. Перечень документов включает техническое описание весов, руководство по эксплуатации, технические условия или стандарт предприятия, в которых должны быть подробно описаны все метрологические²⁶ и технические характеристики, способы защиты, методики юстировки, ограничения при использовании и другие существенные параметры.

Важно! Отсутствие полноценной документации может свидетельствовать о недобросовестности заявителя в части декларирования соответствия весов ГОСТ OIML R 76–1–2011. Известные мировые изготовители весов, соответствующих OIML R 76–1–2006, приводят на своих официальных интернет-ресурсах и в оригинальных руководствах по эксплуатации исчерпывающую информацию:

- о соответствии требованиям стандарта с указанием метрологических и технических характеристик;

- об ограничениях, связанных с защитой и регулировкой весов при их использовании в сфере технического регулирования.

Полнота представленной документации обеспечивает объективность, воспроизводимость и признание испытаний на международном уровне.

Требования к весам для прямой продажи населению

Стандарт ГОСТ OIML R 76–1–2011 содержит:

- п. 4.13 – специальные требования к весам, предназначенным для использования при прямой продаже населению;

- п. 4.14 – дополнительные требования к весам с вычислением стоимости.

Важно! Указанные требования обеспечивают защиту прав потребителей и справедливость коммерческих операций, что соответствует целям Постановления Правительства РФ № 1847.

²⁶ РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения».

Ошибки при испытаниях весов в целях утверждения типа

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) в 2025 г. выявило критическую ситуацию в области испытаний весов неавтоматического действия. Протокол заседания комиссии «Измерения механических величин» при Росстандарте от 25 сентября 2025 г. содержит систематизированные данные о наиболее распространенных ошибках в деятельности аккредитованных испытательных центров при проведении испытаний весов в целях утверждения типа. Упомянутые ошибки носят системный характер, повторяются в различных аккредитованных испытательных центрах и создают угрозу достоверности результатов измерений на национальном и международном уровне. Далее перечислим указанные в документе ошибки.

Ошибки при испытаниях весов по технической документации изготовителя

Нормирование метрологических характеристик весов с использованием терминов из ГОСТ OIML R 76–1–2011 (таких как «поверочный интервал e », «число поверочных интервалов»), при том что весы не соответствуют требованиям этого стандарта и изготовлены по технической документации изготовителя.

Указанная ошибка – наиболее распространенная – вводит потребителя в заблуждение относительно истинного уровня соответствия весов международным требованиям^{27, 28} и способствует недобросовестной конкуренции на рынке.

Важно! Весы по технической документации изготовителя (весы по ТУ) должны быть четко обозначены как таковые, без использования терминологии ГОСТ OIML R 76–1–2011 в части нормирования погрешности через поверочный интервал e . Известные мировые изготовители весов, разрабатывающие весы в соответствии с OIML R76, указывают в документации и на официальных интернет-ресурсах о соответствии или несоответствии требованиям стандарта OIML R76–1.

²⁷ OIML D11:2013 General requirements for measuring instruments – Environmental conditions.

²⁸ OIML D1:2012 Elements for a law on metrology.

Ошибки при испытаниях весов по ГОСТ OIML R 76–1–2011
Предоставление не соответствующих стандарту весов

Несоответствие пп. 3.1.2, 3.2, 3.4.1, 3.4.2 стандарта. На испытания предоставляются весы, не соответствующие ГОСТ OIML R 76–1–2011, что засвидетельствовано в заявке на испытания в целях утверждения типа. Например, отсутствие визуализации вспомогательного показывающего устройства (цифрового показывающего устройства с расширением) или наличие вспомогательного показывающего устройства для весов с поверочным интервалом шкалы $e = d$, что недопустимо по п. 3.4.1 ГОСТ OIML R 76–1–2011.

Важно! Зарубежный производитель весов по OIML R 76–1–2011 устанавливает соответствие данному стандарту на стадии проектирования. Недопустимо назначить или изменить метрологические характеристики таких весов в процессе испытаний в целях утверждения типа во избежание нарушения принципов разработки и достоверности результатов.

Недостаточное количество образцов при испытаниях

В соответствии с п. 3.10.4 ГОСТ OIML R 76–1–2011, должны быть испытаны образцы весов из каждого семейства – с каждым семейством индикаторов и каждым семейством датчиков. Нарушение этого требования приводит к недостоверным результатам, так как не подтверждается соответствие стандарту всего типа весов. При меньшем числе образцов испытания будут неполными и не смогут служить основанием для выдачи свидетельства об утверждении типа.

Важно! Отсутствие полной идентификации каждого образца весов также влечет неправильную интерпретацию результатов. Разные семейства весов (с разными семействами датчиков и индикаторов) должны иметь разные обозначения, что позволяет четко отследить, какие образцы были испытаны и при каких условиях.

Некорректное описание системы защиты

Неполнота сведений или некорректное указание сведений об обеспечении ограничения доступа к определенным частям средств

измерений (включая программное обеспечение) в целях предотвращения несанкционированной настройки и вмешательства. Например, может отсутствовать информация о защите весов высокого класса точности, юстировка которых выполняется внешней гирей, или недостаточно детально описан механизм действия несбрасываемого счетчика юстировок.

Важно! Согласно ГОСТ OIML R 76–1–2011, в описании типа (ОТ) и эксплуатационных документах должны быть подробно описаны способы защиты.

Несоответствие назначенных метрологических характеристик техническим возможностям датчиков

Весам приписаны метрологические характеристики, не соответствующие характеристикам применяемых тензорезисторных датчиков. Например, число поверочных интервалов для весов может быть указано $n = 50\,000$, тогда как применяемые датчики^{29,30} имеют $n = 3\,000$. При корректно проведенных испытаниях подобные весы не смогут выдержать требования ГОСТ OIML R 76–1–2011, особенно при температурных испытаниях.

Важно! Такая ошибка особенно критична из-за температурного коэффициента чувствительности тензодатчиков. При отсутствии юстировки при каждой температуре погрешность многократно превышает допускаемые стандартом пределы.

Противоречивые сведения о способе юстировки

В эксплуатационной документации отсутствуют сведения о способе юстировки (регулировки чувствительности внешней или внутренней гирей) либо присутствуют противоречивые сведения в описании типа и руководстве по эксплуатации и протоколах испытаний.

Важно! Данное обстоятельство нарушает п. 4.1.2 «Защита» ГОСТ OIML R 76–1–2011 и делает невозможным контроль над несанкционированным вмешательством в процессе эксплуатации.

²⁹ ГОСТ 8.631-2013 (OIML R60:2000) ГСИ. Датчики весоизмерительные тензорезисторные. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания.

³⁰ OIML R60:2000 Metrological regulation for load cells.

Неполнота производственной документации

В технических условиях не в полном объеме отражены требования к производству весов. Например, отсутствует список оборудования для оценки метрологических и технических характеристик весов, включая оборудование, применяемое при процедурах входного контроля качества (ОТК).

Важно! Такое упущение затрудняет проверку воспроизводимости результатов и контроль качества при производстве новых партий весов.

Несоответствие протоколов испытаний установленному формату

Протоколы испытаний не соответствуют требованиям п. А.3 ГОСТ Р 54071–2010/OIML R 76–2:2007 «Весы неавтоматического действия. Часть 2. Форма протокола испытаний»^{31, 32}.

Важно! Данный формат протоколов является обязательным для всех весов по OIML R 76–1–2011 во всех странах, применяющих стандарт, так как он обеспечивает возможность объективной оценки результатов испытаний и их сопоставимость на международном уровне.

Некорректное опробование методики поверки

Отсутствие реальной независимой поверки свидетельствует о том, что методика поверки опробуется неправильно. Протоколы испытаний ограничиваются ссылкой на то, что методика опробована в рамках основных испытаний.

Важно! Например, при испытаниях в целях утверждения типа и при поверке размах показаний должен измеряться при разных нагрузках, что требует отдельной специальной процедуры.

Подмена требований стандарта декларированием по техническим регламентам

Испытания на электромагнитную совместимость подтверждаются только декларированием соответствия весов требованиям

³¹ ГОСТ Р 54071–2010/OIML R76–2:2007 Весы неавтоматического действия. Часть 2. Форма протокола испытаний.

³² OIML R76–2:2007 Non-automatic weighing instruments – Part 2: Test report format.

технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 020/2011 и ТР ТС 004/2011. Данный факт не подтверждает соответствие требованиям раздела В.3 ГОСТ OIML R 76–1–2011 «Эксплуатационные испытания на помехи». Декларирование по техническим регламентам и испытания по стандарту – две отдельные процедуры с различными методиками и целями.

Важно! Эксплуатационные испытания на помехи по ГОСТ OIML R 76–1–2011 проводятся в специально оборудованных лабораториях с целью проверки реальной устойчивости весов к электромагнитным воздействиям в условиях эксплуатации.

Некорректная оценка защиты и идентификация программного обеспечения

Пренебрежение к требованиям Приложения G ГОСТ OIML R 76–1–2011 и ГОСТ Р 50.2.077-2014³³ в части оценки программного обеспечения.

Важно! Анализ программного обеспечения должен включать проверку (а) алгоритмов обработки данных; (б) защиты от несанкционированного изменения; (в) соответствия заявленным функциям.

Нарушения при испытаниях модулей и компонентов

Отказ от требования Приложения E ГОСТ OIML R 76–1–2011 при предоставлении на испытания модулей, которые по своим характеристикам не соответствуют требованиям п. 4 стандарта.

Результаты и обсуждение

Представленный в данной публикации массив данных о наиболее распространенных ошибках целесообразно обобщить в виде таблицы с комментариями о последствиях таких ошибок для потребителей услуг испытательных центров при испытаниях весов в целях утверждения типа.

Систематизация ошибок (табл. 3) показывает, что большинство из них обусловлено:

³³ ГОСТ Р 50.2.077-2014 ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Оценка программного обеспечения.

Таблица 3. Основные ошибки, допускаемые аккредитованными испытательными центрами при испытаниях весов в целях утверждения типа

Table 3. Main errors made by accredited testing centers during type approval testing of weighing instruments

Ошибка	Описание ошибки	Последствия ошибки	Требования ГОСТ OIML R 76–1–2011
Некорректная идентификация типа	Использование для весов по ТУ терминов стандарта (e , n , классы точности)	Введение потребителя в заблуждение; недобросовестная конкуренция	п. 3.2, п. 3.3
Недостаточное количество образцов	Испытание одного индикатора вместо всех вариантов семейств; испытание одного датчика вместо всех семейств	Недостоверность результатов; невозможность гарантировать соответствие всего типа	п. 3.10.4
Отсутствие полной идентификации	Разные семейства весов имеют одинаковые обозначения	Невозможность отследить результаты испытаний каждого образца	п. 3.10.4
Некорректное описание защиты	Отсутствие подробного описания защиты от несанкционированных вмешательств	Невозможность контроля несанкционированного вмешательства	п. 4.1.2, п. 8
Несоответствие метрологических характеристик техническим возможностям датчиков	Завышение n , e , M_{ax} при меньшем значении n , e датчиков	Неоспоримый отказ при испытаниях	п. 3.2, п. 3.4.1
Противоречивые сведения о юстировке	Несоответствие между ОТ и РЭ о способе юстировки	Нарушение требований защиты; невозможность поверки	п. 4.1.2
Неполнота производственной документации	Отсутствие списка оборудования ОТК в ТУ	Невозможность воспроизвести качество	п. 8
Несоответствие протоколов формату	Использование нестандартных форм протоколов	Невозможность международного признания результатов	п. А.3, ГОСТ Р 54071–2010
Некорректное опробование методики поверки	Простая ссылка без реальной проверки методики	Недостоверность опробования методики поверки	п. 8.2
Подмена эксплуатационных испытаний на помехи	Декларирование ТР ТС вместо реальных испытаний	Отсутствие подтверждения устойчивости к помехам по стандарту	п. В.3

Окончание табл. 3

End of Table 3

Ошибка	Описание ошибки	Последствия ошибки	Требования ГОСТ OIML R 76–1–2011
Некорректная оценка защиты и идентификация программного обеспечения	Отсутствие анализа программного обеспечения	Невозможность контроля правильности вычислений	Приложение G, ГОСТ Р 50.2.077–2014
Нарушения при испытании модулей	Несоблюдение требований Приложения E	Недостоверность результатов для модульных конструкций	Приложение E, п. 4

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

– либо недостаточной подготовкой персонала испытательных центров;

– либо стремлением к удешевлению и ускорению процесса испытаний в ущерб качеству и достоверности.

Наличие этих ошибок угрожает достоверности результатов измерений, создает условия для недобросовестной конкуренции и подрывает доверие потребителей к средствам измерений, применяемым на российском рынке.

Заключение

Проведенный анализ подтверждает необходимость комплексного повышения качества испытаний весов в целях утверждения типа путем устранения выявленных системных ошибок. Ситуация требует незамедлительного внимания со стороны федеральных органов власти, метрологических организаций и аккредитованных испытательных центров. Системные ошибки при испытаниях подрывают достоверность результатов измерений массы на территории Российской Федерации, угрожают безопасности потребителей, справедливости коммерческих сделок, надежности высокоточных производственных процессов.

Настоящая публикация подготовлена с целью описать основные ошибки при испытаниях весов. Выявленные ошибки при испытаниях весов повторяются в различных аккредитованных испытательных центрах, что свидетельствует о глубинной проблеме в организации процесса испытаний, а не о случайных упущениях отдельных испытателей.

Большинство ошибок обусловлено либо недостаточной подготовкой персонала, либо стремлением к удешевлению и ускорению процесса в ущерб качеству. Систематизация ошибок, проведенная в сентябре 2025 г. комиссией по видам измерений (измерениям механических величин) при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), состав которой утверждается приказом Росстандарта, свидетельствует об острой необходимости скоординированных действий всех участников системы обеспечения единства измерений.

Пересмотр международной рекомендации OIML R 76-1:2006 и активное участие Российской Федерации в разработке новых стандартов (в частности, части R 76-5 по процедурам поверки) открывает возможность внести значительный вклад в развитие глобальных стандартов в области обеспечения единства измерений. Предложение российской стороны по включению методов поверки весов больших грузоподъемностей с использованием эталонов силы может стать инновационным решением, признанным международным сообществом и реализованным странами-участницами СОOMET и МОЗМ.

В условиях расширения международного сотрудничества в области метрологии важной задачей становится обеспечение высочайшего качества испытаний средств измерений в России. Только в этом случае результаты испытаний, проведенных аккредитованными центрами, будут признаны на международном

уровне и защищены от сомнений относительно их достоверности.

Развитие системы взаимного признания результатов испытаний средств измерений в целях утверждения типа и результатов первичной поверки государствами-участниками Соглашения о взаимном признании результатов испытаний с целью утверждения типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений в рамках Правил по межгосударственной стандартизации ПМГ 06-2024³⁴ (введен в действие Приказом Росстандарта № 810-ст³⁵) требует от каждого испытательного центра полного соответствия требованиям стандартов и методических документов, проведения плановой аттестации и прохождения независимых проверок качества.

Работы по совершенствованию системы обеспечения единства измерений в соответствующих областях координирует комиссия по видам измерений при Росстандарте. Проведенная этой комиссией систематизация ошибок при испытаниях весов должна стать основанием для принятия немедленных мер по повышению контроля качества в аккредитованных испытательных центрах. Необходимо проведение аудитов испытательных лабораторий (например, проведение сличительных испытаний весов), выявление и устранение выявленных нарушений, разработка методических рекомендаций для всех участников процесса, а при необходимости – отзыв аккредитации у центров, систематически допускающих существенные ошибки и создающих угрозу для достоверности результатов измерений.

Результаты раундов сличительных испытаний по весам, проведенных различными лабораториями, должны анализироваться Росстандартом с целью выявления центров, систематически получающих результаты, не соответствующие требованиям стандартов. Такие центры должны быть подвергнуты

³⁴ ПМГ 06-2024 «Правила по межгосударственной стандартизации. Порядок признания результатов испытаний и утверждения типа, первичной поверки, метрологической аттестации средств измерений».

³⁵ О введении в действие правил по межгосударственной стандартизации : Приказ Росстандарта от 17.06.2024 № 810-ст.

внеплановым аудитам, при выявлении серьезных недостатков должно быть прекращено действие их аккредитации до устранения выявленных проблем и успешного прохождения повторной проверки.

Достоверность и согласованность результатов измерений массы – это не просто метрологическая задача, это приоритет национальной политики в области обеспечения безопасности, справедливости и надежности экономики. Каждое взвешивание в торговле, в промышленности, в лаборатории должно быть достоверным, и это возможно лишь при условии высочайшего качества испытаний средств измерений и полной реализации требований ГОСТ OIML R 76–1–2011 аккредитованными центрами. Реализация предложенных рекомендаций позволит восстановить доверие к результатам испытаний весов, проводимых в России, обеспечить их международное признание, защитить интересы потребителей и укрепить позицию Российской Федерации в международной организации законодательной метрологии (МОЗМ/OIML) и в Евроазиатском метрологическом сотрудничестве (COOMET). Неотложное решение выявленных проблем – залог успешного развития отечественной метрологии и экономики.

Благодарности: Авторы выражают признательность членам комиссии по видам измерений (измерениям механических величин) при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии за предоставленные материалы и содействие в подготовке публикации.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the members of the Commission on Measurement Types (Mechanical Measurements) under the Federal Agency on Technical Regulating and Metrology for providing materials and assistance in preparing the publication.

Вклад авторов: Все авторы внесли свой вклад в концепцию и проведение исследования. Богданова В. И. – руководство работами по актуализации ГОСТ OIML R 76–1–2011, анализ требований стандарта и особенностей весов специального (I) и высокого (II) классов точности; Андреев Д. В. – разработка новых разделов

методики поверки в ГОСТ OIML R 76–1–2011, анализ требований стандарта и особенностей весов среднего (III) класса точности; Шмигельский И. Ю. – анализ международной практики, общее руководство работами по экспертизе результатов испытаний; Осока З. И. – общий анализ материалов испытаний, организация работ на уровне Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Contribution of the authors: All authors contributed to the concept and design of the study. Bogdanova V. I. – supervision of the work on updating GOST OIML R 76–1–2011, analysis of the requirements and the specifics of weighing instruments of special (I) and high (II) accuracy classes; Andreev D. V. – development of new verification procedure sections in GOST OIML R 76–1–2011, analysis of the requirements and the specifics of weighing instruments of medium (III) accuracy

class; Shmigelskiy I. Yu. – analysis of international practice, general supervision of the testing results review; Osoka Z. I. – general analysis of testing materials, coordination of activities at the level of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Механометрика 2025. Механические измерения и испытания : Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции, г. Санкт-Петербург, 1–3 июля 2025 года. СПб. : ФГУП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 2025. 75 с.
2. Богданова В. И. Испытание весов неавтоматического действия в целях утверждения типа // Механометрика: Материалы конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», г. Санкт-Петербург, 1–3 июля 2025 года / ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Санкт-Петербург: ВНИИМ, 2025. 10–11 с.
3. Остривной А. Ф., Шмигельский И. Ю., Котляров Р. Ю. Методы поверки большегрузных весов // Законодательная и прикладная метрология. 2021. № 2 (170). С. 23–28.
4. Экспериментальное исследование метрологических характеристик платформенных большегрузных весов / И. Ю. Шмигельский [и др.] // Приборы. 2021. № 5 (251). С. 1–6.
5. Требования к эталонам единицы силы, применяемым для поверки большегрузных весов / И. Ю. Шмигельский [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2022. Т. 18, № 3. С. 5–16. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-3-5-16>
6. Андреев Д. В. Метод поверки бункерных весов с применением эталонов единицы силы. Измерительная техника. 2024. Т. 3. С. 14–19. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2024-3-14-19>
7. Результаты исследований нового метода для метрологического обеспечения измерений массы на конвейерных весах / П. М. Аронов [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2020. Т. 16, № 4. С. 5–16. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-4-5-16>

REFERENCES

1. Mekhanometrika 2025. Mechanical measurements and tests: *Collection of abstracts of reports of the international scientific and technical conference*, 1–3 July 2025, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: VNIIM; 2025. 75 p. (In Russ.).
2. Bogdanova VI. Testing of non-automatic scales for type approval. In: *Mekhanometrika 2025. Mechanical measurements and tests: Collection of abstracts of reports of the international scientific and technical conference*, 1–3 July 2025, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: VNIIM; 2025. 10–11 p. (In Russ.).
3. Ostrivnoj AF, Shmigel'skiy IYu, Kotlyarov RYu. Verification methods for heavy-duty scales. *Zakonodatel'naya-i-prikladnaya-metrologiya*. 2021;2(170):23–28. (In Russ.).
4. Shmigel'skiy IYu, Senyanskiy MV, Ostrivnoj AF, Kotlyarov RYu. Experimental study of the metrological characteristics of heavy-duty platform scales. *Pribory*. 2021;5(251):1–6. (In Russ.).
5. Shmigelskiy IYu, Andreev DV, Ostrivnoi AF, Sychev VV. Requirements for force standards used for verification of heavy scales. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2022;18(3):5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-3-5-16>

6. Andreev DV. Method of verification hopper scales using force standards. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2024;3:14–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2024-3-14-19>
7. Aronov PM, Medvedevskikh SV, Firsanov VA, Ostrivnoy AF, Shmigelsky IYu, Kotliarov RYu. Results of researches for new method for metrological assurance of mass measurements on conveyor weigher. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2020;16(4):5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-4-5-16>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Богданова Виктория Игоревна – заместитель руководителя научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: 2301@vniim.ru

Шмигельский Илья Юрьевич – канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: i.y.shmigelskiy@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5076-5126>

Андреев Дмитрий Викторович – руководитель сектора научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: d.v.andreev@vniim.ru

Осока Захар Иванович – начальник Управления метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии
123112, г. Москва, Пресненская наб., 10, стр. 2
e-mail: secrmetrolupr@rst.gov.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Viktoriya I. Bogdanova – Deputy Head of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: 2301@vniim.ru

Ilya Yu. Shmigelskiy – Cand. Sci. (Eng.), Head of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: i.y.shmigelskiy@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5076-5126>

Dmitrii V. Andreev – Head of the Sector of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: d.v.andreev@vniim.ru

Zakhar I. Osoka – Head of the Department of Metrology, Federal Agency on Technical Regulating and Metrology

10–2 Presnenskaya emb., Moscow, 123112, Russia
e-mail: secrmetrolupr@rst.gov.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья

УДК 006.86:620.178.746.22


<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-47-63>



Испытания металлов на ударную вязкость по методу Шарпи: проблемы и пути обеспечения прослеживаемости измерений*

Е. Е. Гладышев  

ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Нижегородской области», г. Нижний Новгород, Россия

 gladyshev@nncsm.ru

Аннотация: Испытания металлов на ударную вязкость по методу Шарпи наряду со статическими испытаниями на растяжение составляют основу оценки их конструкционной прочности и надежности в самых разных отраслях промышленности. В настоящее время прослеживаемость измерений, проводимых при испытаниях на ударную вязкость с применением маятниковых копров, обеспечивается в основном результатами их поверки. Действующие методики поверки не учитывают критическую значимость одной из основных подсистем копра – подсистему нанесения удара и разрушения образца. В результате копёр, признанный по результатам поверки годным, в действительности показывает завышенные результаты измерений поглощенной энергии из-за ее паразитных потерь. Анализ российских и международных стандартов по испытаниям на ударную вязкость, публикаций отечественных и зарубежных авторов позволил выявить факторы, приводящие к завышенному результату измерения поглощенной энергии классическими копрами. Проведенные межлабораторные сличительные испытания, с одной стороны, это подтвердили, а с другой – обосновали нецелесообразность построения прослеживаемости измерений на основе классического метода испытаний на ударную вязкость.

Предложено в качестве основы обеспечения прослеживаемости измерений к действующему Государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32–2011 применение эталонного маятникового копра наивысшей точности, поддерживающего инструментированный метод испытаний. Наличие в его составе измерительного преобразователя силы позволило рассматривать его в качестве рабочего эталона для дальнейшей передачи единицы силы эталонным мерам (образцам). А от них – инструментированным и классическим копрам соответственно. Предложено также включение эталонного копра непосредственно в состав совершенствуемых Государственного первичного эталона единицы силы ГЭТ 32–2011 или Государственного первичного эталона единицы ударного ускорения ГЭТ 57–84.

Для устранения проблемы, связанной с завышенными результатами измерения поглощенной энергии, необходима разработка и утверждение типа мер и стандартных образцов силы и поглощенной энергии. А для массового внедрения рассмотренного подхода, кроме государственной поверочной схемы, необходимы разработка единой методики поверки и ее распространение на все маятниковые копры, эксплуатируемые в России.

* Публикация подготовлена на основе доклада, представленного на Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», которая прошла 1–3 июля 2025 года во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева. Статья была принята к публикации после доработки рукописи и прохождения процедуры рецензирования.

Описанные выше меры позволят в действительности обеспечить единство измерений при испытаниях на ударную вязкость, проводимых с применением как классических, так и инструментированных копров.

Ключевые слова: испытания металлов, ударная вязкость, испытания на ударную вязкость, метод Шарпи, метрологическая прослеживаемость измерений, инструментированные испытания

Для цитирования: Гладышев Е. Е. Испытания металлов на ударную вязкость по методу Шарпи: проблемы и пути обеспечения прослеживаемости измерений // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 47–63. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-47-63>


Статья поступила в редакцию 29.10.2025; одобрена после рецензирования 19.03.2026; принята к публикации 25.03.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Review Article

Charpy Impact Testing of Metals: Problems and Mechanisms of Ensuring Measurement Traceability

Evgeny E. Gladyshev  

Center for Standardization and Metrology of Rosstandart for Nizhny Novgorod Region,
Nizhny Novgorod, Russia
 gladyshev@nncsm.ru

Abstract: Charpy impact testing of metals, along with static tensile testing, forms the basis for assessing their structural strength and reliability across various industries. Currently, the traceability of measurements performed during impact strength testing using pendulum impact testers is ensured mainly by the results of their verification. Existing verification procedures do not take into account the critical significance of one of the main subsystems of the impact tester – the impact and specimen fracture subsystem. As a result, an impact tester deemed suitable based on verification results actually shows overestimated absorbed energy measurement results due to parasitic energy losses.

An analysis of Russian and international standards on impact strength testing, as well as publications by domestic and foreign authors, has made it possible to identify factors leading to overestimated absorbed energy measurement results obtained with classical pendulum impact testers. The conducted interlaboratory comparison tests, on the one hand, confirmed this finding and, on the other hand, substantiated the impracticality of establishing measurement traceability based on the classical impact testing method.

It is proposed to use a reference pendulum impact machine of the highest accuracy, supporting the instrumented test method, as the basis for ensuring measurement traceability to the existing State Primary Standard of the unit of force GET 32–2011. The presence of a force measuring transducer in its composition allows it to be considered a working standard for further transferring the unit of force to reference measures (specimens), and from them, respectively, to instrumented and classical impact testers. It is also proposed to include the reference impact tester directly into the composition of the improved State Primary Standard of the unit of force GET 32–2011 or the State Primary Standard of the unit of impact acceleration GET 57–84.

To eliminate the problem associated with overestimated absorbed energy measurement results, it is necessary to develop and approve the type of force and absorbed energy measures and reference materials. Furthermore, for the widespread implementation of the considered approach, in addition to the State Verification Schedule, it is necessary to develop a unified verification procedure and extend it to all pendulum impact testers operated in Russia.

The measures described above will actually ensure the uniformity of measurements in impact strength testing performed using both classical and instrumented impact testers.

Keywords: mechanical testing of metals, impact toughness, impact toughness tests, Charpy impact test, metrological traceability, instrumented impact testing

For citation: Gladyshev EE. Charpy Impact Testing of metals: problems and mechanisms of ensuring measurement traceability. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):47–63. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-47-63>

The article was submitted 29.10.2025; approved after reviewing 19.03.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Ударная вязкость является важной физико-механической характеристикой материалов. Она определяет способность материалов поглощать энергию при динамическом нагружении и сопротивляться ударному разрушению. Испытания на ударную вязкость наряду со статическими испытаниями на растяжение по ГОСТ 1497–2023¹ составляют основу оценки конструкционной прочности и надежности материалов. Усложнение условий эксплуатации и ужесточение требований к безопасности и надежности устройств и механизмов в современном мире повышают значимость оценки сопротивления материалов ударным нагрузкам [1, 2].

Метод применяется чрезвычайно широко, начиная с научных исследований и до входного контроля металлопроката на производственных предприятиях. Ежегодно в России проходит поверку более 1 500 маятниковых копров².

¹ ГОСТ 1497–2023 Металлы. Методы испытаний на растяжение.

² Востребованность метрологических услуг на поверку маятниковых копров оценили по данным модуля «Поверка» подсистемы «Аршин» Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (ФГИС «Аршин» ФИФ ОЕИ). В обзор включили сведения о поверке средств измерений «копры» и «копры маятниковые» за период 2024–25 гг.

https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results?filter_mititle=копры&rows=100&activeYear=2025

https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results?filter_mititle=копры&rows=100&activeYear=2024

(дата обращения: 23.02.2026).

Такие данные показывают, что оценка сопротивления ударному разрушению – не единичное действие, а массовая, строго регламентированная практика, охватывающая тысячи лабораторий и производственных предприятий по всей стране.

Экономический эффект проведения подобных испытаний весьма существенен. В частности, он достигается путем предотвращения катастроф: своевременное выявление склонности материала к хрупкому разрушению позволяет избежать аварий и инцидентов, связанных с внезапным разрушением критических конструкций (осей, валов, элементов каркасов, сосудов высокого давления).

Риски, связанные с игнорированием этого параметра, крайне высоки. Материал с отличными характеристиками при статическом нагружении может проявить хрупкость и разрушиться внезапно под действием динамической нагрузки, удара или вибрации. Особую опасность это представляет при низких температурах, когда возникает низкотемпературная хрупкость («хладноломкость») стали [3].

Испытания на ударную вязкость позволяют точно классифицировать материалы по их стойкости к динамическим нагрузкам и дают возможность не переплачивать за избыточно прочные и дорогие сплавы там, где этого не требуется, и, наоборот, применять более надежные материалы в ответственных узлах.

Метрологическое обеспечение испытаний на ударную вязкость в основном заключается

в поверке маятниковых копров. Однако существующая в России практика поверки маятниковых копров сосредоточена в подавляющем большинстве случаев на проверке измерительных подсистем копров (подсистемы воспроизведения и измерения ударного воздействия), игнорируя при этом критически значимую подсистему нанесения удара и разрушения образца. Методики поверки, установленные при утверждении типа средства измерений, зачастую предусматривают проверку исключительно измерительных подсистем, порой даже только частичную. Данный методологический подход приводит к систематическому завышению результатов испытаний вследствие не учета паразитных потерь энергии в подсистеме нанесения удара и разрушения образца. Это обстоятельство, отмеченное также в [4], ставит под сомнение валидность и надежность результатов испытаний, что, в свою очередь, может приводить к ошибкам в оценке качества и эксплуатационных характеристик продукции.

Важно отметить, что на данный момент нет прямой метрологической прослеживаемости результатов измерений поглощенной энергии при испытаниях по методу Шарпи к государственным первичным эталонам единиц величин. Это создает риск низкой достоверности и рассогласованности данных между лабораториями, так как отсутствие прослеживаемости не позволяет обеспечить необходимую точность и сопоставимость результатов.

Цель описанного в статье исследования – определение способов (путей) обеспечения прослеживаемости измерений величин, описывающих испытания металлов по методу Шарпи на основе существующих и/или совершенствуемых государственных первичных эталонов. Такой подход к цели исследования обусловлен необходимостью скорейшего внедрения современных методов испытаний на ударную вязкость в связи с их особой значимостью для определения физико-механических свойств металлов, а также необходимостью встраивания их результатов в систему обеспечения единства измерений.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ отечественных и международных документов по испытаниям на ударную вязкость;

- рассмотреть оборудование, применяемое для испытаний на ударную вязкость, – копры маятниковые как совокупность подсистем воспроизведения удара, измерения его показателей, нанесения самого удара и разрушения образца;

- выделить и оценить факторы в подсистеме нанесения удара и разрушения образца копра, влияющие на точность результатов измерений при проведении испытаний по методу Шарпи, на основе публикаций отечественных и зарубежных авторов; проанализировать возможности и целесообразность их учета в исправленном результате измерений в виду сложности контроля классическими средствами измерений в условиях эксплуатации;

- провести анализ межлабораторных сравнительных испытаний в Нижегородской области для подтверждения нецелесообразности построения прослеживаемости измерений при испытаниях по методу Шарпи на основе классических методов;

- провести анализ инструментированных испытаний (испытаний с установленным совместно с бойком измерительным преобразователем силы) на предмет возможного обеспечения прослеживаемости к первичному эталону единицы силы; описать алгоритм преобразования исходной зависимости силы от времени в зависимость силы от перемещения бойка с последующим расчетом поглощенной энергии;

- построить схему обеспечения прослеживаемости измерений при испытаниях по методу Шарпи к ГЭТ 32–2011³ через рабочие эталоны единицы силы на основе эталонных машин (копров) для испытаний металлов на двухопорный изгиб по ISO 148-3:2016⁴ и соответствующей инфраструктуры для обеспечения прослеживаемости, включая силовоспроизводящие машины для статической и динамической калибровки измерительного преобразователя силы из состава эталонного копра; разработать соответствующую двухуровневую схему.

³ ГЭТ 32–2011 Государственный первичный эталон единицы силы.

⁴ ISO 148–3:2016 Metallic materials –pendulum impact test – Part 3: Preparation and characterization of Charpy V-notch test pieces for indirect verification of pendulum impact machines.

Материалы и методы

Аналитический метод

Аналитический метод применен для изучения стандартов и научных публикаций отечественных и зарубежных авторов по вопросам метрологического обеспечения испытаний металлов на ударную вязкость. Преимущественное использование аналитического метода в настоящем исследовании обусловлено отсутствием в отечественной практике оценки метрологических характеристик маятниковых копров с применением стандартных образцов и применения инструментированного метода испытаний. Поэтому для построения прослеживаемости измерений при испытаниях на ударную вязкость по методу Шарпи, включая государственные поверочные схемы, приходится опираться в основном на зарубежный опыт.

Для достижения цели исследования прежде всего был проведен анализ нормативных документов, регламентирующих метрологическое обеспечение испытаний металлов на ударную вязкость, с использованием профессиональной справочной системы «Техэксперт».

Объектом анализа стали ГОСТ 9454–78⁵, ГОСТ 9454–2025⁶ и ГОСТ Р ИСО 148-1–2013⁷.

Для проведения сравнительного анализа с международными стандартами и практическими подходами к испытаниям металлов на ударную вязкость были использованы ISO 148-1:2016 и ASTM E23-18⁸. Кроме того, в исследовании учитывались данные и многолетний опыт Национального института стандартов и технологий (NIST, США) в области метрологии испытаний по методу Шарпи.

Рассмотрение остальных нормативных документов и научных публикаций будет приведено в дальнейшем при обсуждении результатов исследования.

⁵ ГОСТ 9454–78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.

⁶ ГОСТ 9454–2025 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах. (Вступит в действие 1 мая 2026 г.)

⁷ ГОСТ Р ИСО 148-1–2013 Материалы металлические. Испытание на ударный изгиб на маятниковом копре по Шарпи. Часть 1. Метод испытания.

⁸ ASTM E23-18 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.

Эмпирический метод

Эмпирический метод был применен для анализа результатов специального раунда межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) «Энергия удара», проведенного в начале 2025 г. Провайдер МСИ – ФБУ «Нижегородский ЦСМ». Участники МСИ – четыре лаборатории Нижегородской области. Объект измерений – образцы типа 11 (55 × 10 × 10 мм V-образный концентратор) по ГОСТ 9454–78, изготовленные из стали 20. Методика измерений описана в ГОСТ 9454–78. Для раунда была изготовлена однородная партия образцов со средней работой удара $KV = 130$ Дж. Каждому участнику МСИ был направлен комплект из пяти образцов. Определяемый показатель объекта измерений – работа удара (поглощенная энергия). Приписанные значения были получены с использованием эталонной машины (копра маятникового) модели PSW-750 (производитель ZwickRoell GmbH), специально изготовленная в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 148-3:2016, с метрологическими характеристиками, подтвержденными с применением эталонных образцов согласно ISO 148-3:2016.

Результаты и обсуждение

Аналитический этап

Метод испытания на удар, основанный на маятниковом принципе, обычно называют методом Шарпи.

В настоящее время данные испытания в России регулируются стандартами ГОСТ 9454–78 и ГОСТ Р ИСО 148-1–2013, гармонизированным с международным стандартом ISO 148-1:2016. Результатом испытаний было заявлено измеренное значение работы (энергии), затраченной для разрушения образца на маятниковом копре.

Процедура и расчетная база

Испытание заключалось в разрушении образца с надрезом (концентратором) с помощью маятникового ударника и определения работы (энергии), затраченной на разрушение образца. Для проведения испытаний были изготовлены образцы в форме параллелепипеда с U- или V-образным концентратором. Размеры образцов и концентраторов

регламентированы документами ГОСТ 9454–78, ГОСТ Р ИСО 148-1–2013, ISO 148-1:2016, ASTM E23-18.

Поглощенная энергия (работа удара) $KV(KU)$ была рассчитана исходя из разницы запасов потенциальной энергии маятника до и после удара.

$$KV(KU) = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2), \quad (1)$$

где $KV(KU)$ – работа удара для образцов с концентраторами видов V(U), Дж; m – масса маятника, кг; g – ускорение свободного падения в месте установки маятникового копра, m/c^2 ; h_1 – начальная высота подъема маятника, м; h_2 – высота взлета маятника после соударения с образцом, м.

На маятниковых копрах не измеряют потенциальную энергию или высоту напрямую. Вместо этого используется механизм, который фиксирует угол сброса и угол подъема маятника после разрушения образца.

$$KV(KU) = m \cdot g \cdot l \cdot (\cos(\alpha_2) - \cos(\alpha_1)), \quad (2)$$

где l – длина маятника (расстояние от оси вращения до центра удара (центра тяжести маятника)), м; α_1 – угол подъема маятника (до удара), градус; α_2 – конечный угол взлета маятника (после удара), градус.

Так же, согласно ГОСТ 9454–78, за результат испытаний была принята ударная вязкость, равная отношению поглощенной энергии к площади сечения образца в месте удара.

$$KCV(KCU) = \frac{KV(KU)}{S_0}, \quad (3)$$

где $KCV(KCU)$ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида V (U), Дж/см²; S_0 – начальная площадь поперечного сечения образца в месте концентратора, см².

Копёр как совокупность подсистем

Для испытаний на ударный изгиб в Российской Федерации используют маятниковые копры по ГОСТ 10708–82⁹ с запасом потенциальной энергии, достаточной для разрушения образца одним ударом. Данный стандарт не определяет различные подсистемы маятниковых копров, устанавливая лишь общие технические и метрологические требования.

Однако с прикладной точки зрения и процесса испытания любой маятниковый копёр можно рассматривать как совокупность трех основных подсистем (рис. 1):

⁹ГОСТ 10708–82 Копры маятниковые. Технические условия.

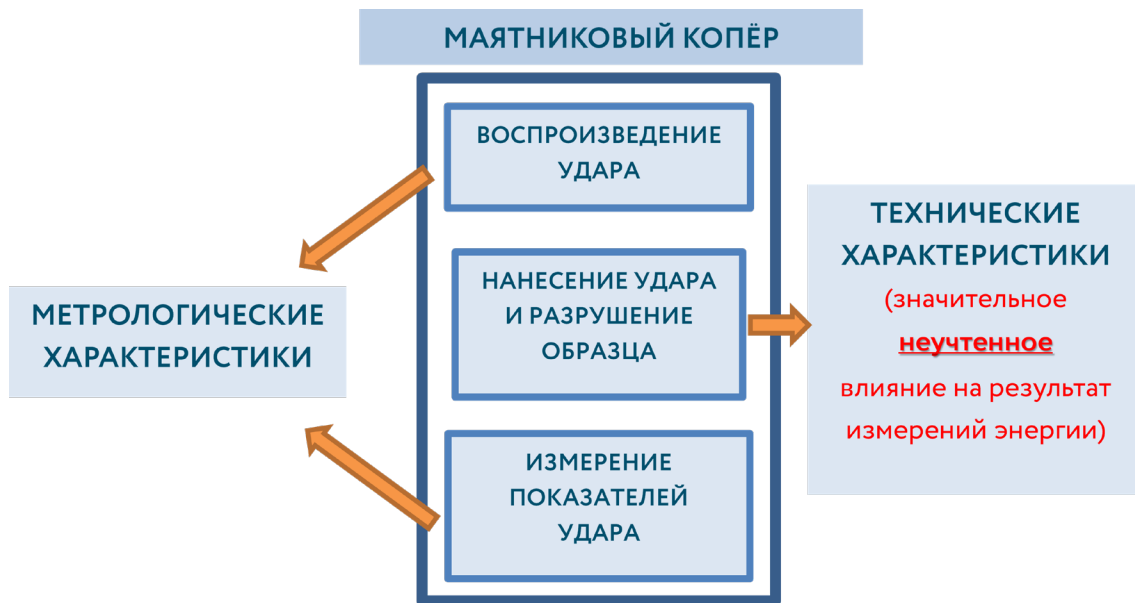


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 1. Блок-схема маятникового копра
Fig. 1. Block diagram of the pendulum impact tester

1) подсистемы воспроизведения удара – маятника с системой подъема и фиксации;

2) подсистемы измерения показателей удара – шкалы или электронного блока (энкодера), измеряющего угол подъема маятника после удара;

3) подсистемы нанесения удара и разрушения образца – опоры и упоров для образца, бойка, механизма фиксации.

Подсистема воспроизведения удара и подсистема измерения показателей удара участвуют в измерении потенциальной энергии до и после удара и имеют нормированные метрологические характеристики, которые в большинстве случаев и контролируются при проведении поверки согласно утвержденным методикам. Проверяются вес маятника (реакция опоры маятника), расстояние от оси качания до центра удара, точность измерения углов подъема и взлета маятника, что обеспечивает прямую прослеживаемость измерений разности потенциальных энергий к национальным эталонам единиц массы, длины и плоского угла. Поскольку имеются зависимости (формула (2)), позволяющие определить потенциальную энергию маятника до и после удара расчетным путем, оценку показателей точности для подсистем воспроизведения и измерения удара можно рассчитать исходя из подходов, применяемых для косвенных измерений.

Подсистема нанесения удара и разрушения образца обеспечивает установку образца и его взаимодействие с маятником и станиной копра в процессе испытаний. Технические характеристики данной подсистемы оказывают значительное, причем – неучтенное, влияние на результат измерения энергии.

Ограничения в реализации подсистем копра

В Российской Федерации на данную особенность обратили внимание Г. П. Зайцев в работе 1938 г. [5] и С. Я. Бейль в работе 1948 г. [6]. Оба отметили влияние элементов подсистемы *нанесения удара и разрушения образца* на результаты испытаний на ударную вязкость. Других исследований по этой тематике в отечественной литературе автору данной статьи найти не удалось.

В [7] авторами дана оценка неопределенности при испытаниях на ударный изгиб

с использованием стандартного образца, которая не учитывала факторы, связанные с *подсистемой нанесения удара и разрушения образца*. Однако авторы также сделали вывод, что основным вкладом в неопределенность результата испытания является, в том числе, влияние факторов, которое невозможно оценить при непосредственной калибровке копра.

Существование и важную роль таких факторов отметили американские испытатели в 1955 г. [8] и развили в дальнейших работах [9]. Данные факторы способствуют получению ошибочных результатов испытаний: несоответствующих размеров, положения, состояния контактных поверхностей опор, упоров и бойка молота; потери энергии на трение и вибрации в движущихся частях; «неплотности» сопрягаемых частей; недостаточного зазора между торцами образца и боковыми опорами.

Рассмотрим подробнее роль каждого фактора.

Параллельность опор, перпендикулярность опорной поверхности оси образца, соосность бойка (ножа) относительно упоров, точность установки самого образца критически важны. Неправильное положение сломанных половинок образца из-за некорректной геометрии упоров или их износа приводит к их соударениям с маятником или станиной копра после основного удара. Эта кинетическая энергия ошибочно учитывается электронным блоком (энкодером) как часть поглощенной энергии. Такой эффект может добавлять к показаниям копра от 0,5 до 1 Дж, что особенно существенно для низкоэнергетических образцов.

Поверхности бойка (ножа), опор и упоров со временем изнашиваются, на них появляются вмятины, забоины, следы коррозии или шероховатость. Любые неровности на контактных поверхностях создают точки с повышенным давлением, что может вызывать преждевременное пластическое течение или растрескивание образца в зоне контакта, искажающие реальную картину разрушения. Изменение шероховатости поверхности опор влияет на трение между образцом и упорами, что незначительно, но, тем не менее, вносит вклад в общее значение энергии.

Потери энергии на трение и вибрации в маятниковом копре являются систематической

погрешностью, которая может быть отделена от энергии, затраченной непосредственно на разрушение образца. Учет таких потерь важен для получения точных и воспроизводимых результатов.

Потери на трение делятся на два основных типа:

1) *трение в подшипниках* – это сопротивление вращению маятника вокруг своей оси, вызванное трением между осью маятника и подшипниками. Энергия, затрачиваемая на преодоление силы трения, вычитается от общего запаса потенциальной энергии маятника. Если эту поправку не вносить, копёр будет измерять большую поглощенную энергию, чем на самом деле ушло на разрушение образца;

2) *аэродинамическое сопротивление* – это сопротивление воздуха, которое испытывает массивный маятник при движении. Как и трение в подшипниках, эта сила тормозит маятник, приводя к потере энергии, не связанной с образцом.

Описанные выше потери на трение могут быть учтены путем проведения «холостого сброса» – сброса маятника без установленного образца. Измеряется разность между начальным углом подъема и углом взлета после свободного качания. Эта разность, пересчитанная в энергию, представляет собой суммарные потери на трение в подшипниках и сопротивление воздуха. В дальнейшем это значение с учетом фактической высоты подъема маятника вычитается из результатов испытаний.

Потери на вибрацию являются более сложным и «тонким» типом потерь, который, в отличие от трения, не всегда полностью устраняется стандартной поправкой. Удар по образцу – это динамический процесс, вызывающий не только общее торможение маятника, но и возбуждение в нём упругих колебаний (вибраций). Такие колебания поглощают часть энергии удара. Электронный блок (энкодер) копра измеряет общую потерю запасенной потенциальной энергии маятника, которая включает и энергию, израсходованную на вибрацию маятника после соударения. Так результат испытания завышается на величину энергии, связанной с этой вибрацией.

Величина вибрационных потерь чрезвычайно зависит от двух факторов:

1) продолжительности импульса (т. е. от того, хрупкий или вязкий образец);

2) положения точки удара относительно центра перкуссии (точки на молоте копра, при ударе в которую не возникает ударной нагрузки или вибрации на оси вращения).

Для хрупких образцов (низкая энергия, короткий импульс ~ 200 мкс) быстрое разрушение вызывает высокочастотные возмущения. Как показано в [10], в данном случае в маятнике может оставаться от 0,5 до 1,5 Дж вибрационной энергии.

Для пластичных образцов (высокая энергия, длительный импульс > 3 000 мкс) вибрационные потери также существуют, но они малы в процентном отношении к общей поглощенной энергии (сотые доли процента). Кроме того, большая часть этой вибрационной энергии передается обратно в образец через демпфирование пластичностью.

Если в подшипниках имеется *радиальный зазор (люфт)*, ударное воздействие вызывает не только трение, но и микроперемещение (люфты) оси в подшипнике. На совершение этой работы также тратится энергия. Такая потеря энергии не возникает при холостом разгоне, так как нет ударных вибраций, вызывающих люфт. Поэтому стандартная поправка на трение ее не учитывает. На основе моделирования, приведенного с учетом максимально допустимого ASTM E23-18 радиального зазора (0,075 мм) и ударных реакций в подшипниках [10], была оценена возможная величина этих потерь: от 0,12 до 0,6 Дж для длительных испытаний пластичных образцов.

«*Неплотность*» *сопрягаемых частей* – еще один фактор. В маятниковом копре имеются несколько узлов с сопрягаемыми частями: упоры – станина копра, боёк – молот, станина копра – фундамент. «Неплотность» создает микрозазор, который при ударе приводит к относительным перемещениям сопрягаемых частей. Энергия маятника тратится:

– на упругую и пластическую деформацию в зоне контакта сопрягаемых частей;

– на преодоление трения в этом соединении;

– на возбуждение высокочастотных колебаний бойка (ножа) относительно молота.

Неплотно закрепленные упоры (опоры) при ударе будут просаживаться или вибрировать,

поглощая часть энергии, которая также будет засчитана электронным блоком (энкодером) копра как энергия, потраченная на разрушение образца.

При *недостаточном зазоре* между торцами образца и боковыми опорами возникают два ключевых негативных эффекта, которые можно обнаружить при осмотре разрушенного образца:

- 1) дополнительное трение и искусственное завышение энергии;
- 2) искажение кинематики разрушения и сложное напряженное состояние.

При ударе образец испытывает поперечное укорочение и незначительное продольное смещение. Если боковой зазор мал, возникает сильное трение торцов образца о края опор. На боковых поверхностях образца (не на лицевой стороне, а с торцов) появляются дополнительные задиры, сглаживания или «размазанные» метки, параллельные основным следам от опор. Такие метки выходят за зону контакта с опорами и явно указывают на нежелательный контакт. Энергия, затраченная на преодоление этого трения, добавляется к поглощенной энергии разрушения. Это приводит к систематическому завышению показаний, особенно для пластичных (высокоэнергетических) образцов, которые подвергаются большей деформации.

Как показано в [11], неравномерное нагружение приводит к скошенным поверхностям излома и смещению следов контакта. Недостаточный зазор может быть одной из скрытых причин такого смещения. Напряжения в образце перераспределяются, что может (а) изменять механизм разрушения; (б) увеличивать разброс результатов, снижая воспроизводимость; (в) вызывать существенное искусственное завышение энергии из-за дополнительной работы по преодолению трения.

Оценка факторов, влияющих на результат испытаний

Резюмируем: все перечисленные факторы приводят к систематическому завышению результатов измерений поглощенной энергии. Причина в том, что часть энергии маятника тратится не на разрушение образца, а на преодоление указанных паразитных явлений. Измерительная система интерпретирует всю потерянную энергию как работу разрушения. Как следствие – некачественная продукция становится годной!

Количественная оценка максимального влияния данных факторов приведена на рис. 2. Как видно из диаграммы, общее значение потерь энергии может составлять 13 Дж и более.

Количественная оценка влияния факторов, способствующих получению ошибочных результатов, Дж



Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 2. Диаграмма количественной оценки максимального влияния факторов, способствующих получению ошибочных результатов

Fig. 2. Diagram for the quantitative assessment of the maximum influence of factors contributing to erroneous results

Отметим, что наибольшее значение могут иметь факторы «неплотность» сопрягаемых частей и недостаточный зазор между торцами образца и боковыми опорами, которые приводят к значительному искажению результатов измерений энергии разрушения образца.

Технические характеристики подсистемы нанесения удара и разрушения образца проблематично проконтролировать классическими средствами измерений в условиях эксплуатации. В некоторых случаях контроль практически невозможно провести на практике из-за особенностей конструкции маятниковых копров или из-за мер безопасности, реализованных производителем копра.

Анализ результатов МСИ в Нижегородской области

Ярко иллюстрируют описанную в статье проблему результаты раунда межлабораторных сличительных испытаний, проведенного ФБУ «Нижегородский ЦСМ» в начале 2025 г. среди четырех испытательных лабораторий Нижегородской области.

Объект измерений – образцы типа 11 ($55 \times 10 \times 10$ мм V-образный концентратор) по ГОСТ 9454–78, изготовленные из стали 20, заготовка которой предварительно подверглась

специальным режимам термообработки. Методика измерений описана в ГОСТ 9454–78. Каждому участнику МСИ был направлен комплект из пяти образцов. Определяемый показатель объекта измерений – работа удара (поглощенная энергия).

Приписанное значение работы удара партии образцов: $KV = 130$ Дж. Приписанное значение было получено с использованием эталонной машины (копра маятникового) модели PSW-750 (производитель ZwickRoell GmbH), специально изготовленной в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 148-3:2016. Метрологические характеристики были подтверждены, в том числе, с применением эталонных образцов по ISO 148-3:2016 международной калибровочной лабораторией¹⁰.

Результаты представлены на рис. 3.

Как иллюстрирует рис. 3, все участники получили завышенные результаты, в некоторых случаях более 30 Дж, при этом:

- маятниковые копры участников имели действующие свидетельства о поверке;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений энергии удара маятниковых

¹⁰ Сертификат калибровки ZwickRoell GmbH & Co. KG № 733331-2019-08 от 13.08.2019.

Статистика функционирования участников раунда

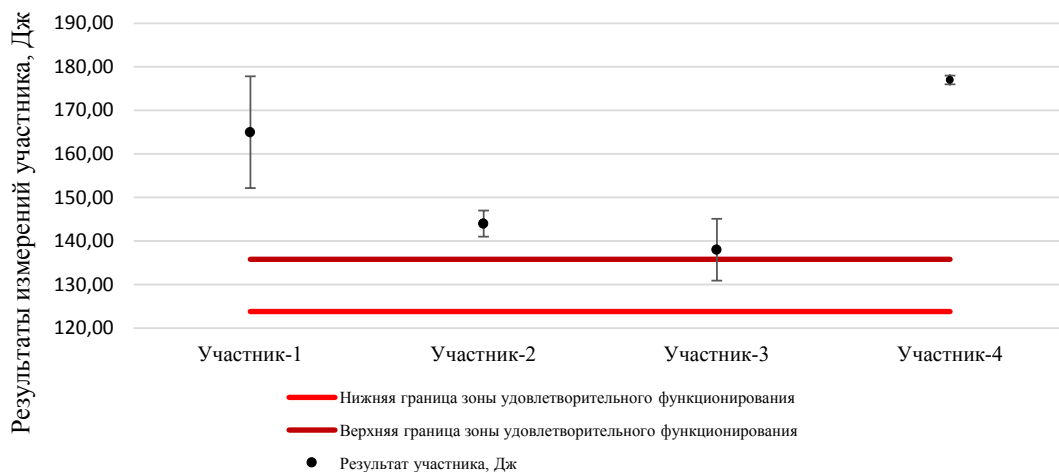


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 3. Статистика функционирования участников раунда межлабораторных сличительных испытаний: $\pm 3,0$ Дж – пределы допускаемой абсолютной погрешности маятниковых копров согласно описанию типа
 Fig. 3. Performance statistics of participants in the round of interlaboratory comparison tests: ± 3.0 J – permissible absolute error limits of pendulum impact testers according to the type description

копров участников в соответствии с описаниями типа средства измерений равны $\pm 3,0$ Дж.

Вкупе эти обстоятельства подтверждают тезис о недостаточности традиционной поверки, контролирующей только первые две подсистемы копра. Результаты анализа результатов участника № 1 и оценка состояния его маятникового копра установили полное соответствие маятникового копра требованиям ГОСТ 10708–82. Причину большого отклонения и размаха значений увидели в несоответствующей затяжке резьбовых соединений упоров (опор) копра при правильном их расположении, т. е. во влиянии фактора «неплотность сопрягаемых частей».

Данный эксперимент наглядно демонстрирует:

- 1) отсутствие действительной метрологической прослеживаемости результатов измерений ударной вязкости к национальным эталонам;
- 2) низкую степень их достоверности и согласованности между различными лабораториями.

Дополнительно отметим: проведение аналогичных раундов межлабораторных сличительных испытаний, в которых приписанное значение определяется как общее среднее результатов всех участников, является не совсем корректным по причине наличия неисклученного смещения приписанного значения образцов в сторону больших значений энергии. Данное смещение обусловлено описанными выше особенностями подсистемы нанесения удара и разрушения образца.

Современный подход к оптимизации метода

В настоящее время все более широкое распространение получают так называемые инструментированные испытания, описанные в международных стандартах ISO 14556:2023¹¹ и ASTM E2298-24¹². В утвержденном в 2025 г. межгосударственном стандарте ГОСТ 9454–2025 также описаны инструментированные испытания, правда, факультативно. Отличие таких испытаний от обычного метода Шарпи заключается в применении

¹¹ ISO 14556:2023 Metallic materials – Charpy V-notch pendulum impact test – Instrumented test method.

¹² ASTM E2298–24 Standard Test Method for Instrumented Impact Testing of Metallic Materials.

специальных преобразователей силы, встроенных в боёк (нож) маятников копров. Результат данных испытаний представлен диаграммой нагрузки-перемещения (рис. 4).

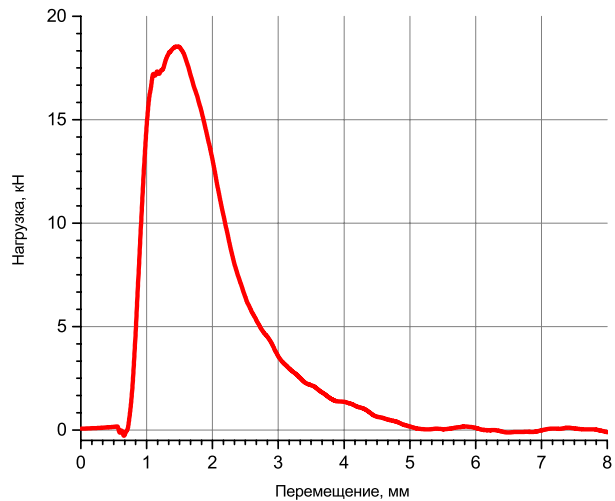


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 4. Пример диаграммы нагрузка-перемещение: тип III по ГОСТ 9454–2025 (стабильное развитие трещины и вязкое разрушение)

Fig. 4. Example of a load-displacement diagram: type III according to GOST 9454–2025 (stable crack growth and ductile fracture)

Энергия, затраченная на разрушение образца, рассчитывается как площадь под данной кривой. При этом регистрируется не косвенная разность высот маятника, а непосредственно силовой сигнал во времени в процессе удара и разрушения образца. Переход зависимости силы удара от времени $F(t)$ к зависимости силы от перемещения бойка $F(s)$ осуществляется согласно формулам (4)–(7).

$$F(t) = -m \cdot a(t), \quad (4)$$

где m – принятая масса маятника, кг; $a(t)$ – модуль ускорения, с которым маятник замедляется во время удара, м/с.

$$V(t) - V(t_0) = -\frac{1}{m} \int_{t_0}^t F(t) dt, \quad (5)$$

где t_0 – время в момент удара, с; t – исследуемый момент времени после удара, с; $V(t)$ – скорость маятника в исследуемый момент времени после удара, м/с; $V(t_0) \equiv V_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ – скорость маятника в момент удара, м/с; g – ускорение

свободного падения в месте установки маятн-
никового копра, m/c^2 ; h – высота подъема маят-
ника перед проведением испытания, м.

$$s(t) = \int_{t_0}^t V(t)dt = V(t_0) \cdot t - \frac{1}{m} \int \int_{t_0}^t F(t)dt, (6)$$

где $s(t)$ – перемещение бойка в момент време-
ни t , м.

Совмещение измеренной зависимости $F(t)$
и полученной по результатам ее обработки за-
висимости $s(t)$ приводит к получению зависи-
мости $F(s)$.

При этом поглощенная энергия в джоулях
 E_s определяется по формуле

$$E_s = \int_0^{s_i} F(s)ds, (7)$$

где s_i – общее перемещение бойка во время раз-
рушения образца, м.

В итоге получается блок-схема преобразо-
вания измерительных данных (рис. 5).

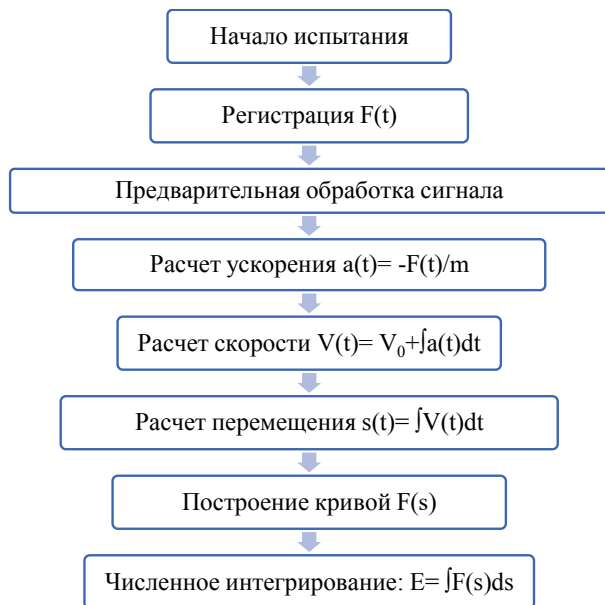


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared
by the authors

Рис. 5. Функциональная блок-схема инструмен-
тированных испытаний

Fig. 5. Functional block diagram of instrumented tests

Как описывает [10], результаты измере-
ний энергии разрушения образца, получен-
ные с применением классического маятн-
кового копра, оснащенного угловым энкодером

для измерения углов подъема и взлета маят-
ника, и результаты инструментированного ис-
пытания копра имеют значительные отклоне-
ния (порядка 10–17 %) при низких значениях
энергий и практически совпадают при высоких.

Там же, в [10], отмечено снижение влияния
неучтенных факторов подсистемы нанесения
удара, т. к. измеряется фактическая сила, дей-
ствующая на образец.

Например, для инструментированных испы-
таний интегрирование силы по перемещению
рассчитывает работу, совершенную непосред-
ственно над образцом. Вибрационная энергия,
оставшаяся в маятнике, в этот расчет не входит.

Инструментированный боёк со встроен-
ным тензометрическим преобразователем
силы может калиброваться как в статиче-
ском [12], так и в динамическом [13, 14] ре-
жимах. Данный подход позволяет обеспе-
чить прослеживаемость измерения энергии
к ГЭТ 32–2011. В рамках данной публикации
не рассматривались цепочки прослеживаемос-
ти к государственному первичному эталону
единиц времени и частоты ГЭТ 1–2022¹³ и го-
сударственному первичному эталону едини-
цы длины – метра ГЭТ 2–2021¹⁴.

Массовый переход на инструментирован-
ный метод Шарпи – это не просто замена од-
ного оборудования другим, это смена пара-
дигмы в контроле качества и сертификации
материалов. Применение инструментирован-
ного метода Шарпи в Российской Федерации
сулит очевидные преимущества в виде повы-
шения точности, объективности, информатив-
ности испытаний.

Однако на данном этапе его внедрение со-
провождается рядом взаимосвязанных проб-
лем. Статическая калибровка, при которой
на тензодатчик бойка медленно подается из-
вестная нагрузка, не отражает реальных усло-
вий удара. Ударный процесс – это высокоско-
ростное динамическое событие с резким на-
растанием фронта силы, с собственными коле-
баниями измерительной системы и сложными
волновыми процессами в стержнях молота.

¹³ ГЭТ 1–2022 Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени.

¹⁴ ГЭТ 2–2021 Государственный первичный эталон единицы длины – метра.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) измерительного канала должна быть достаточно широкой, чтобы точно зафиксировать эти быстропротекающие процессы без искажений.

Задачи для обеспечения прослеживаемости

Представим некоторые проблемы и подходы к их устранению, реализация которых возможно приведет к обеспечению прослеживаемости.

Создание утвержденной государственной метрологической базы для динамической поверки и калибровки средств измерений силы с требуемыми параметрами (частотами 10–50 кГц и выше), отсутствующей в Российской Федерации. Это создает правовую проблему: даже если лаборатория имеет инструментированный боёк, его показания не могут быть официально признаны при испытаниях или в арбитражных спорах. Допускается его применение только при научных исследованиях.

Мировой опыт подтверждает, что в NIST (США) и PTB (Германия) десятилетиями ведутся работы в этом направлении. Там существуют установки, использующие методы ударного возбуждения, метод возбуждения с помощью синусоидальной силы от вибрационных стенов (метод «фиктивной массы»), методы лазерной интерферометрии для прямого измерения смещения и последующего вычисления ускорения и силы по второму закону Ньютона.

Без такой базы невозможно обеспечить прослеживаемость измерений к государственным эталонам, что является обязательным требованием для аккредитованных лабораторий и признания результатов испытаний на международном уровне.

Обновление нормативно-технической базы. Мир давно живет по стандартам ISO 4965^{15,16} (калибровка динамической силовой измерительной системы) и ASTM E2298-24 (испытание на ударный изгиб с инструментированным бойком). Эти документы детально

описывают процедуры установления метрологической прослеживаемости. Отечественные аналоги, такие как ГОСТ 10708–82 и ГОСТ 25.502–79¹⁷, морально устарели и ориентированы на аналоговую измерительную технику.

Немаловажное значение имеет и экономический аспект. Комплект инструментированного бойка с высокоскоростной системой сбора данных и специализированным программным обеспечением обходится на порядок дороже стандартного бойка для маятникового копра. Добавляются расходы на систематическую (ежегодную или после инцидентов) поверку/калибровку, которая в условиях отсутствия отечественных услуг может требовать отправки оборудования за рубеж, что еще больше увеличивает затраты. По нашим сведениям, в Российской Федерации в настоящее время только одна организация выпускает маятниковые копры, оснащенные инструментированной системой. По понятным причинам, данная система никаким образом не указана в описании типа средства измерений.

Работа на инструментированном копре требует соответствующего уровня подготовки персонала. Если оператор обычного копра, в основном, следит за выполнением механической процедуры, то в случае инструментированных испытаний специалист должен владеть основами динамики, теории колебаний, навыками цифровой обработки сигналов, уметь анализировать осциллограммы, выделять полезный сигнал из шума и корректно интерпретировать результаты.

Международный опыт метрологического обеспечения испытаний на ударную вязкость по методу Шарпи. В международной практике в соответствии с ASTM E23-18 и ISO 148-2 уже много лет для обеспечения прослеживаемости испытаний по методу Шарпи от исходного эталона к маятниковым копрам применяются стандартные образцы, например, по ISO 148-3:2026. Данные образцы позволяют быстро и достоверно проверить все три подсистемы маятникового копра комплексным методом. Они изготавливаются подобно обычным

¹⁵ ISO 4965-1:2012 Metallic materials – Dynamic force calibration for uniaxial fatigue testing. Part 1: Testing systems.

¹⁶ ISO 4965-2:2012 Metallic materials – Dynamic force calibration for uniaxial fatigue testing. Part 2: Dynamic calibration device (DCD) instrumentation.

¹⁷ ГОСТ 25.502–79 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость.

образцам в соответствии с ISO 148-1:2016, но имеют более строгие требования по геометрическим размерам и дополнительно по однородности характеристик. Для сертификации данных образцов служат специальные эталонные копры, соответствующие так же стандарту ISO 148-3:2026, позволяющие определить значение энергии разрушения и показатели однородности партии образцов. При проведении калибровки, например, согласно ISO 148-2, применяется не менее двух комплектов (по 5 образцов) с разными энергиями, соответствующими применяемому маятнику. По результатам испытания этих образцов непосредственно определяется погрешность калибруемого копра, а также оценивается состояние подсистемы нанесения удара и разрушения образца.

Отметим, что несмотря на высокие требования эталонных копров по ISO 148-3:2026, из-за особенностей подсистемы нанесения удара и разрушения образца результаты сертификации стандартных образцов также будут иметь неисключенное смещение приписанного значения в сторону больших энергий. Внедрение инструментированной измерительной системы в эталонные копры по ISO 148-2 позволит снизить (но не исключить полностью) влияние

неучтенных факторов подсистемы нанесения удара, а также обеспечить прослеживаемость измерений к эталонам силы.

Систематизация данных подходов в обеспечении прослеживаемости от государственных первичных эталонов к маятниковым копрам позволяет построить один из вариантов структурной схемы (рис. 6).

В структурной схеме передачи единицы силы от ГЭТ 32–2011 к рабочим маятниковым копрам предлагается предусмотреть две ветви, обеспечивающие передачу как непосредственно единицы силы к инструментированным копрам, так и поглощенной энергии к обычным маятниковым копрам с применением рабочих эталонов (мер, образцов) однократного применения.

Передача единицы силы от ГЭТ 32–2011 к рабочим эталонам единицы силы на основе машин для испытаний металлов на двухпорный ударный изгиб по методу Шарпи может осуществляться с применением эталонных силовоспроизводящих машин 1-го разряда как в статическом, так и в динамическом режимах. Данные рабочие эталоны должны состоять из эталонного(-ых) по ISO 148–3:2016 инструментированного маятникового копра и инфраструктуры для обеспечения прослеживаемости.

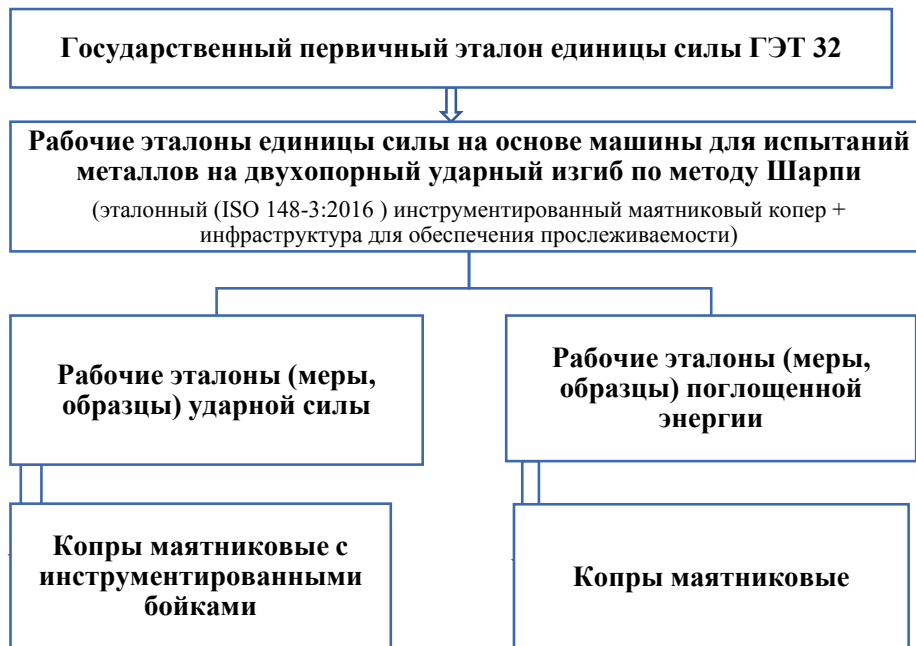


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 6. Структурная схема обеспечения прослеживаемости

Fig. 6. Structural diagram of traceability assurance

Тип этих образцов может быть утвержден и как тип средства измерений (образцы как меры), и как тип стандартных образцов. Кроме того, они могут применяться, например, при межлабораторных сличительных испытаниях (проверке квалификации), предназначенных для проверки правильности работы испытательных лабораторий.

Также стоит отметить, что в МИ 2314–2006¹⁸ копры маятниковые отнесены к средствам измерений силы: код раздела области измерений 2811, наименование группы «Машины испытательные прочие».

Заключение

В статье описаны проблемы метрологического обеспечения испытаний металлов по методу Шарпи, который реализован в более чем в 1 500 официально эксплуатируемых в Российской Федерации маятниковых копрах.

Выявлено, что существующая практика проверки маятниковых копров контролирует лишь подсистемы воспроизведения и измерения удара, зачастую игнорируя критическое влияние подсистемы нанесения удара и разрушения образца. Паразитные потери энергии на трение, вибрации и «неидеальность» механики приводят к систематическому завышению результатов измерений работы удара (поглощенной энергии), что ставит под сомнение достоверность результатов испытаний и может привести к признанию некондиционной продукции годной, что создает серьезные риски для безопасности.

Инструментированные испытания, основанные на прямом измерении силы в процессе удара, позволяют исключить влияние паразитных потерь и обеспечивают прямую прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32–2011. В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований для установления цепочек прослеживаемости к ГЭТ 1–2022 и ГЭТ 2–2021.

Применение стандартных образцов утвержденного типа (сертифицированных стандартных образцов) для комплексной проверки копров является эффективным и практичным

¹⁸МИ 2314–2006 Государственная система обеспечения единства измерений. Кодификатор групп средств измерений.

методом, позволяющим оценить состояние всех его подсистем, особенно связанных с механикой нанесения удара. Такой подход широко используется в международной практике, например в соответствии в ASTM E23-18 и ISO 148-2, и может быть внедрен в отечественную систему обеспечения единства измерений.

Предложены следующие основные схемы по обеспечению прослеживаемости измерений при испытаниях на ударную вязкость.

1. Прослеживаемость к действующему Государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32–2011. Предлагается двухуровневая структурная схема, включающая передачу единицы силы непосредственно к эталонным инструментированным копрам с дальнейшей ее передачей:

– или эталонным образцам силы, применяемым для определения метрологических характеристик инструментированных копров общего назначения;

– или образцам поглощенной энергии, применяемым для определения метрологических характеристик обычных (классических) маятниковых копров.

2. Прослеживаемость к совершенствуемым государственным первичным эталонам ГЭТ 32–2011 или ГЭТ 57–84¹⁹. Появляется упрощенная двухуровневая схема: единица силы передается к соответствующим образцам непосредственно от одного из первичных эталонов;

Реализация любой из описанных выше схем требует системного подхода к разработке документов (включая государственные поверочные схемы) по метрологическому обеспечению маятниковых копров и их внедрению в метрологическую практику, и в создании эталонной базы – в этой связи предлагается:

– совершенствование ГЭТ 32–2011 или ГЭТ 57–84 путем включения в их состав высокоточного (соответствующего ISO 148-3:2016) инструментированного маятникового копра с динамически калиброванным силоизмерительным каналом;

– разработка и утверждение типа (сертификация) эталонных образцов ударной силы

¹⁹ГЭТ 57–84 Государственный первичный специальный эталон единицы ускорения при ударном движении.

и (или) поглощенной энергии, прослеживаемых к ГЭТ 32–2011 или ГЭТ 57–84;

– разработка единого документа на методику поверки маятниковых копров;

– распространение действия данного документа на все эксплуатируемые в РФ копры.

В более широком контексте реализация представленных в настоящей публикации предложений позволит замкнуть цепь метрологической прослеживаемости на практике и обеспечить достоверность и согласованность результатов испытаний, обеспечивающих фундамент безопасности и надежности российских отраслей промышленности.

Благодарности: Автор выражает благодарность К. К. Савровскому за ценные замечания при подготовке статьи.

Acknowledgments: The author expresses their gratitude to K. K. Savrovsky for the valuable comments during the preparation of the article.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи. Работа выполнена в рамках

диссертационного исследования «Разработка методов измерений силы сопротивления ударному двуххопорному изгибу по методу Шарпи». Научный руководитель: Шмигельский И. Ю., канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Conflict of interest: The author declares the absence of any obvious or potential conflicts of interest related to this manuscript. The work was carried out within the framework of the dissertation research “Development of methods for measuring the impact force in Charpy tests.” Scientific supervisor: Ilya Yu. Shmigelskiy, Cand. Sci (Eng.), of the Research Laboratory of State Standards in the Field of Mass and Force Measurements of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лаврентьев Н. Д., Максютин И. В., Погуляев С. И. Экспериментальное обоснование нового подхода к оценке степени опасности механических дефектов на магистральных газопроводах // Вести газовой науки. 2022. № 1 (50). С. 94–100.
2. Оценка критической температуры перехода в хрупкое состояние конструкционных сталей, эксплуатирующихся в Арктическом регионе / Л. Г. Петрова [и др.] // Проблемы экспертизы в автомобильно-дорожной отрасли. 2023. № 2 (7). С. 59–70.
3. Петрова Л. Г. Металловедческая экспертиза разрушений конструкций по причине хладноломкости: исторический обзор // Проблемы экспертизы в автомобильно-дорожной отрасли. 2022. № 2 (3). С. 29–46.
4. Испытания на ударную вязкость. Действующие стандарты и перспективы развития отечественной нормативной базы / Д. Д. Заботкин [и др.] // Механометрика : Материалы конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», г. Санкт-Петербург, 1–3 июля 2025 года / ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Санкт-Петербург: ВНИИМ, 2025. С. 17–18.
5. Зайцев Г. П. О сравнимости показаний маятниковых копров // Заводская лаборатория. 1938. № 11.
6. Бейль С. Я. К вопросу о сравнимости показаний маятниковых копров различных конструкций // Исследования в области механических измерений: Труды ВНИИМ. Выпуск 1 (61) / Под редакцией В. Г. Махровского. Ленинград : ВНИИМ, 1948. С. 91–104.
7. Ченцова Ю. С., Толмачев В. В., Забелина А. А. Оценивание неопределенности при испытаниях на ударный изгиб с использованием стандартного образца // Эталоны. Стандартные образцы. 2023. Т. 19, № 4. С. 143–150. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-143-150>
8. Driscoll D. E. Reproducibility of Charpy Impact Test // ASTM Special Technical Publication. 1955. STP 176. P. 3–15. <https://doi.org/10.1520/STP47578S>
9. Fahey N. H. The Charpy Impact Test – its accuracy and factors affecting test results. In: Driscoll D. E. (ed.). Impact Testing of Metals, ASTM STP 466, ASTM International, 1970, pp. 76–92. <https://doi.org/10.1520/STP32057S>

10. Manahan M. P., Stonesifer R. B. The difference between total absorbed energy measured using an instrumented striker and that obtained using an optical encoder // *Pendulum Impact Testing: A Century of Progress*. W. Conshohocken: ASTM, 2000. P. 181–197.
11. Vigliotti D. P., Siewert T. A., McCowan C. N. Maintaining the accuracy of Charpy Impact machines // *Pendulum Impact Testing: A Century of Progress*. W. Conshohocken: ASTM, 2000. P. 134–145.
12. Influence of loading rate on the calibration of instrumented Charpy strikers / E. Lucon [et al.] // *Journal of Testing and Evaluation*. 2009. Vol. 37, Iss. 6. P. 520–530. <https://doi.org/10.1520/JTE102330>
13. Vlajic N., Chijioke A. Traceable dynamic calibration of force transducers by primary means // *Metrologia*. 2016. Vol. 53, № 4. P. S136. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/53/4/S136>
14. Investigations on SI-Traceable dynamic calibration of instrumented Charpy Strikers / A. Chijioke [et al.] // *Technical Note (NIST TN)*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. 2018. URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.1991>.

REFERENCES

1. Lavrentyev ND, Maksyutin IV, Pogulyaev SI. Experimental validation of a new concept in assessing severity of mechanical defects at trunk gas pipelines. *Vesti Gazovoy Nauki*. 2022;1(50):94–100. (In Russ.).
2. Petrova LG, Belashova IS, Demin PE, Frolov MA. Evaluation of the critical temperature of transition to brittle state of construction steels operating in the arctic region. *Automotive and Road expert evaluation*. 2023;2(7):59–70. (In Russ.).
3. Petrova LG. Metallurgical examination of structural failures due to cold brittleness: A historical overview. *Automotive and Road expert evaluation*. 2022;2(3):29–46. (In Russ.).
4. Zabotkin DD, Dunaev AV, Sazonov SM, Kotova OK. Impact toughness tests. Current standards and prospects for the development of the domestic regulatory framework. In: *Mekhanometrika 2025. Mechanical measurements and tests: Collection of abstracts of reports of the international scientific and technical conference*, 1–3 July 2025, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: VNIIM; 2025. P. 17–18. (In Russ.).
5. Zaitsev GP. On the comparability of pendulum impact tester readings. *Industrial Laboratory*. 1938;11. (In Russ.).
6. Beil SYa. On the question of the comparability of readings of pendulum impact testers of various designs. In: *Research in the field of mechanical measurements: Trudy VNIIM*. Issue 1 (61). VG Mahrovskij (eds.). Leningrad: VNIIM; 1948. P. 91–104. (In Russ.).
7. Chentsova YuS, Tolmachev VV, Zabelina AA. Estimation of uncertainty in Charpy Pendulum Impact Test using the reference material. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2023;19(4):143–150. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-143-150>
8. Driscoll DE. Reproducibility of Charpy Impact Test. *ASTM Special Technical Publication*. 1955;176:3–15. <https://doi.org/10.1520/STP47578S>
9. Fahey NH. The Charpy Impact Test – its accuracy and factors affecting test results. In: Driscoll DE (ed). *Impact Testing of Metals*, ASTM STP 466, ASTM International, 1970, pp. 76–92. <https://doi.org/10.1520/STP32057S>
10. Manahan MP, Stonesifer RB. The difference between total absorbed energy measured using an instrumented striker and that obtained using an optical encoder. In: *Pendulum Impact Testing: A Century of Progress*. W. Conshohocken: ASTM; 2000. P. 181–197.
11. Vigliotti DP, Siewert TA, McCowan CN. Maintaining the accuracy of Charpy Impact machines. In: *Pendulum Impact Testing: A Century of Progress*. W. Conshohocken: ASTM; 2000. P. 134–145.
12. Lucon E, Scibetta M, McColskey JD, McCowan CN. Influence of loading rate on the calibration of instrumented Charpy strikers. *Journal of Testing and Evaluation*. 2009;37(6):520–530. <https://doi.org/10.1520/JTE102330>
13. Vlajic N, Chijioke A. Traceable dynamic calibration of force transducers by primary means. *Metrologia*. 2016;53(4): S136. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/53/4/S136>
14. Chijioke A, Vlajic N, Lucon E, Mulhern E. Investigations on SI-Traceable dynamic calibration of instrumented Charpy Strikers. *Technical Note (NIST TN)*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. 2018. Available at: <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.1991>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гладышев Евгений Евгеньевич – начальник отдела промышленной метрологии, ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Нижегородской области»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Республиканская, д. 1
e-mail: gladyshev@nncsm.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2410-876X>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeny E. Gladyshev – Head of the Department of Industrial Metrology, Center for Standardization and Metrology of Rosstandart for Nizhniy Novgorod Region
1 Respublikanskaya st., Nizhny Novgorod, 603950, Russia
e-mail: gladyshev@nncsm.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2410-876X>

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья

УДК 006.057.2:620.178.746.2

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-64-81>



Оценка неопределенности измерений работы удара маятниковых копров: сравнительный анализ методов и метрологическая экспертиза ГОСТ 9454–2025*

В. В. Толмачев , Ю. С. Ченцова 

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», г. Екатеринбург, Россия
 sertif@uniim.ru

Аннотация: Пересмотр стандартов на методы определения механических свойств металлов выявил острую необходимость стандартизации подходов к оценке неопределенности, обеспечивающих метрологическую прослеживаемость к государственным первичным эталонам.

Цель работы – систематизация методов оценки неопределенности измерений работы удара и выявление доминирующих факторов, влияющих на точность.

На основе классической концепции, описанной в ГОСТ 34100.3–2017 (ISO/IEC Guide 98-3:2008) «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения», проведены математический и практический анализ и сравнение трех подходов.

Установлено: метод для копров, соответствующих ГОСТ 10708–82 «Копры маятниковые», – наиболее простой; метод калибровки по ISO 148-2:2016 «Metallic materials – Charpy pendulum impact test Part 2: Verification of testing machines» – наиболее прецизионный. Показано, что применение стандартных образцов утвержденного типа, в отличие от других методов, обеспечивает прослеживаемость к опорному значению и автоматически учитывает вклады от износа ножа и опор. В ходе исследования выявлены метрологические противоречия в новой версии ГОСТ 9454–2025 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах»: доказано, что предложенные в нем алгоритмы исключают потерю энергии на качание и потенциальную энергию маятника, что приводит к опасному занижению оценки неопределенности.

Вычисленные бюджеты неопределенности показали, что на практике доминирующими источниками являются разрешение шкалы и несовпадение центров удара. Полученные алгоритмы планируется включить в проект межгосударственного стандарта на поверку маятниковых копров и использовать при разработке новых стандартных образцов утвержденного типа.

Ключевые слова: ударный изгиб, испытания на ударный изгиб, оценивание неопределенности, оценка неопределенности, работа удара, механические свойства металлов

Для цитирования: Толмачев В. В., Ченцова Ю. С. Оценка неопределенности измерений работы удара маятниковых копров: сравнительный анализ методов и метрологическая экспертиза ГОСТ 9454–2025 // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 64–81. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-64-81>

* Публикация подготовлена на основе доклада, представленного на Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», которая прошла 1–3 июля 2025 года во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева. Статья была принята к публикации после доработки рукописи и прохождения процедуры рецензирования.


Статья поступила в редакцию 01.12.2025; одобрена после рецензирования 17.02.2026; принята к публикации 25.03.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Review Article

Evaluation of Measurement Uncertainty for the Absorbed Energy of Pendulum Impact Testing Machines: a Comparative Analysis of Methods and Metrological Examination of GOST 9454–2025

Vladimir V. Tolmachev , Iuliia S. Chentsova 

UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, Yekaterinburg, Russia
 sertif@uniim.ru

Abstract: The revision of standards for methods of determining the mechanical properties of metals has revealed an urgent need for the standardization of approaches to uncertainty evaluation that ensure metrological traceability to state primary standards.

The aim of this work is to systematize the methods for evaluating the measurement uncertainty of absorbed energy and to identify the dominant factors affecting accuracy.

Based on the classical concept described in GOST 34100.3–2017 (ISO/IEC Guide 98-3:2008) “Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement”, a mathematical and practical comparative analysis of three approaches was carried out.

It has been established that the method for impact testing machines compliant with GOST 10708–82 “Pendulum impact testing machines” is the simplest; the calibration method according to ISO 148-2:2016 “Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 2: Verification of testing machines” is the most accurate. It is shown that the use of certified reference materials, unlike other methods, ensures traceability to a reference value and automatically accounts for contributions from striking edge and support wear. During the study, metrological contradictions were identified in the new version of GOST 9454–2025 “Metals. Method for testing the impact strength at low, room and high temperature”: it has been proven that the algorithms proposed exclude friction loss and the initial potential energy of the pendulum, which leads to a dangerous underestimation of the uncertainty evaluation.

The calculated uncertainty budgets showed that, in practice, the dominant sources are scale resolution and misalignment of the centers of percussion. The obtained algorithms are planned to be included in the draft national standard for the verification of pendulum impact testing machines and to be used in the development of new certified reference materials.

Keywords: pendulum impact test, uncertainty evaluation, uncertainty value, absorbed energy, mechanical properties of metals

For citation: Tolmachev VV, Chentsova IuS. Evaluation of measurement uncertainty for the absorbed energy of pendulum impact testing machines: a comparative analysis of methods and metrological examination of GOST 9454–2025. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):64–81. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-64-81>

The article was submitted 01.12.2025; approved after reviewing 17.02.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Анализ неопределенности измерений необходим для выявления основных источников несоответствий результатов измерений. Как правило, стандарты на продукцию содержат нормы характеристик материалов без учета неопределенности методик измерений. Чтобы минимизировать риск несоответствия продукции установленным требованиям, потребитель должен откорректировать результаты приемочных испытаний с учетом неопределенности измерений. По этой причине необходимо, чтобы оценки неопределенности, применяемые в испытательных лабораториях, являлись эффективными, проверенными на практике и стандартизованными.

Фундаментальное изложение подходов к анализу неопределенности измерений для испытаний на ударный изгиб содержит Руководство NIST [1], описывающее оценку по принципам Руководства по выражению неопределенности (GUM) с учетом стандартов ISO 148-2¹ и ASTM E23². В нем предложен алгоритм оценки систематической погрешности копра (bias) с использованием сертифицированных стандартных образцов, глубоко проработан уникальный метод трансформации погрешности измерения температуры в неопределенность поглощенной энергии для зоны вязко-хрупкого перехода. Предложенный авторами подход предполагает, что влияние инструментальных параметров сводится к минимуму при настройке, поэтому в рутинных расчетах эти источники неопределенности рекомендуются игнорировать.

Достоинством работы [2] является практическое применение статистического контроля качества. В работе дисперсионный

¹ ISO 148-2:2016 Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 2: Verification of testing machines.

² ASTM E23 Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials.

анализ (ANOVA) и критерий нормализованной ошибки используются для строгого доказательства отсутствия значимого влияния оператора на результат. Однако модель не дает полного бюджета неопределенности поглощенной энергии, а эксперимент базируется на минимальной выборке (2 оператора по 3 образца), что ограничивает статистическую достоверность.

В работе [3] используется структуризация источников неопределенности (человек, машина, материал) с помощью диаграммы Исикавы. Приведен практический расчет для строительной стали S275JR, где влияние оператора корректно оценивается через дисперсию повторяемости в серии испытаний. Ограничением работы является сильное упрощение оценки вклада измерительной системы. Неопределенность вклада от копра маятникового сводится лишь к разрешающей способности шкалы и общей погрешности из сертификата калибровки без физического моделирования работы маятника.

К достоинствам статьи [4] относится высокая детализация инструментальной неопределенности калибровки копра. Составлены полные математические уравнения для оценки потерь энергии на сопротивление воздуха, трение в подшипниках, увлечение стрелки индикатора, а также учтены погрешности измерителей длины и массы. Однако модель не охватывает калибровку с использованием сертифицированных стандартных образцов, хотя именно неоднородность образцов и общая систематическая погрешность копра маятникового традиционно вносят доминирующий вклад в неопределенность результатов.

Автор работы [5] провел масштабный анализ в широком диапазоне работы удара (от 22 до 172 Дж), что позволяет оценить поведение неопределенности на разных участках шкалы. Дана четкая рекомендация по улучшению качества измерений – выбор стандартных образцов с минимальной собственной

неопределенностью. Предложенная модель сосредоточена преимущественно на калибровке копра с использованием стандартных образцов. Физические и геометрические параметры самого средства измерений (углы, трение, масса) не анализируются детально, а их влияние сводится к базовому разрешению шкалы, которое признается незначительным (около 1%).

Работа [6] характеризуется практической реализацией классического подхода GUM с детальной оценкой операционных факторов. Авторы учли не только приборные ошибки, но и процедурные огрехи, такие как смещение образца при установке (1–2 мм от центра) и влияние скорости удара маятника – это ценно для понимания роли человеческого фактора и настройки оборудования. Однако исследование носит узкий характер: испытания проводились только на одном материале (алюминиевый сплав) и на одном уровне поглощенной энергии (около 24 Дж). Кроме того, статистическая оценка по типу А базируется на минимальной выборке всего из 5 испытаний, что снижает достоверность оценки дисперсии.

К достоинствам статьи [7] можно отнести глубокую физико-математическую проработку уравнения измерений в соответствии с ISO 21748³. Авторами учтены прямые измеряемые величины (вес маятника, длина подвеса, углы). Главное достоинство – интеграция метрологической прослеживаемости к конкретному стандартному образцу утвержденного типа (ГСО), что критически важно для обеспечения сопоставимости результатов между разными лабораториями и решения арбитражных споров. Недостатком является избыточная сложность математической модели прямых измерений: авторы сами приходят к выводу, что вклад от инструментальных составляющих копра (веса маятника, длины подвеса, углов) в итоге оказывается метрологически незначительным по сравнению со вкладом от неоднородности стандартного образца. Выводы сделаны на основе калибровки лишь одного конкретного экземпляра маятникового копра.

Все рассмотренные работы концептуально и методологически соответствуют

³ ISO 21748-2017 Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty evaluation.

классической концепции GUM, который в Российской Федерации оформлен как ГОСТ 34100.3–2017⁴. Базовые принципы GUM (разделение оценок на тип А и тип В, расчет суммарной стандартной неопределенности, вычисление расширенной неопределенности с использованием коэффициента охвата) применяются во всех исследованиях.

Однако глубину и строгость математического моделирования в рамках GUM можно разделить на три уровня.

1 уровень. Модельный подход (строгое следование фундаментальному алгоритму GUM). Наиболее полно классической концепции ГОСТ 34100.3–2017 соответствуют работы [4] и [7]. В этих исследованиях:

- сформировано полное физическое уравнение измерений, связывающее измеряемую величину (работу удара) с входными величинами (весом маятника, длиной маятника, углами взлета и подъема);

- оценки неопределенности вычисляются с применением математического аппарата частных производных (коэффициентов чувствительности) для каждого компонента;

- корректно рассчитывается эффективное число степеней свободы по формуле Уэлча – Саттертуэйта для выбора точного коэффициента охвата (t-критерия Стьюдента).

2 уровень. Эмпирические модели (практическая реализация GUM через стандартизованные подходы). Руководство [1], публикации [5, 6] применяют принципы GUM, но не через дифференцирование физического уравнения копра, а через макрокомпоненты процесса.

Авторы используют концепцию GUM в связи с профильными стандартами (ISO 148-1, ISO 21748), где неопределенность оценивается сверху вниз – через дисперсию сходимости результатов, систематическое смещение (bias) и неопределенность стандартного образца. Данный подход полностью легитимен с точки зрения GUM, так как использует закон распространения неопределенностей (метод «корня из суммы квадратов») для независимых вкладов. Формула Уэлча – Саттертуэйта в этих работах также применяется безупречно.

⁴ ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.

3 уровень. Упрощенная реализация принципов GUM. В работе [4] принципы GUM (типы А и В, прямоугольные и нормальные распределения, расширенная неопределенность) декларируются, однако их реализация носит упрощенный характер:

- источники неопределенности выявляются эмпирически – через диаграмму Исикавы;
- оценка по типу В для инструментальных погрешностей базируется на допущениях (разрешении шкалы, погрешности калибровки), которые просто суммируются без построения строгой математической связи с конечным результатом (в джоулях) через коэффициенты чувствительности.

В то время как международная практика калибровки копров с помощью стандартных образцов регламентирована стандартом ISO 148-3:2016⁵, а специфика испытательных лабораторий описана в руководствах Международной организации по аккредитации лабораторий ILAC, вопросы интеграции этих подходов с классической концепцией GUM в новых межгосударственных стандартах (таких как ГОСТ 9454–2025⁶) остаются недостаточно проработанными и содержат методологические противоречия.

Цель исследования:

- 1) провести сравнительный анализ и систематизацию подходов к оценке неопределенности измерений механической характеристики металлов при испытании на ударный изгиб (работы удара);
- 2) описать условия, влияющие на точность измерений.

В задачи исследования входит:

- проверить метод оценки неопределенности измерения работы удара без использования ГСО;
- проверить метод оценки неопределенности измерения работы удара с применением ГСО;
- провести критический метрологический анализ алгоритмов оценки неопределенности,

⁵ ISO 148-3:2016 Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 3: Preparation and characterization of Charpy V-notch test pieces for indirect verification of pendulum impact machines.

⁶ ГОСТ 9454–2025 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.

заложенных в новой версии стандарта ГОСТ 9454–2025;

- определить факторы, влияющие на точность измерений характеристик механических свойств металлов при испытании на ударный изгиб.

В основу исследования положена следующая научная гипотеза: методы оценки неопределенности, заложенные в современных стандартах на испытания металлов (в частности, в новой версии ГОСТ 9454–2025), вступают в противоречие с классической концепцией анализа уравнений измерений, что приводит к критическому занижению бюджетов неопределенности из-за неучета доминирующих физических факторов процесса. Притом предполагается, что концептуальным решением проблемы обеспечения прослеживаемости и полноты учета инструментальных вкладов (включая износ геометрии копра) является переход от расчетных методов к методам, основанным на применении ГСО.

Материалы и методы

Методология

Материал для исследования:

- межгосударственный стандарт технических условий на копры маятниковые ГОСТ 10708–82⁷;
- международный стандарт методов верификации копров маятниковых ISO 148-2:2016;
- проект стандарта на поверку копров маятниковых [8];
- новая версия стандарта испытания на ударный изгиб ГОСТ 9454–2025.

Рассматриваемые методы отражают три главные парадигмы, в настоящее время применяемые в лабораториях:

- подтверждение соответствия нормам (поверка);
- детальное изучение метрологических характеристик (калибровка);
- контроль точности с передачей единицы величины (применение ГСО).

Основой для сравнения стали стандартизованные общие правила оценивания и выражения неопределенности измерения ГОСТ 34100.3–2017.

⁷ ГОСТ 10708–82 Копры маятниковые. Технические условия.

Процедуры определения и объединения компонентов неопределенности для оценки фактического процесса измерений опирались на рекомендации ГОСТ Р ИСО 22514-7-2024⁸, разработанные для простых процессов измерений на основе ГОСТ 34100.3-2017.

Использованный стандартизованный подход, основанный на анализе уравнения изменения, распространяется на проведение испытаний в соответствии с Государственной системой обеспечения единства измерений для обеспечения прослеживаемости к государственным первичным эталонам ГОСТ 34100.3-2017.

Алгоритмы и расчеты проверялись с использованием следующего оборудования:

- копер маятниковый серии РКР (модель РКР450, ZWICK GmbH Co. KG) с номинальной потенциальной энергией 300 Дж;
- динамометр электронный ДМУ-1/1-0,5МГ4 ($\delta = \pm 0,12\%$);
- оптический квадрант КО-2 (погрешность $\pm 5''$);
- секундомер СОСпр-26-2-010;
- ГСО 11934-2022 (аттестованное значение 25,8 Дж, погрешность $\pm 1,6$ Дж).

Метод оценивания неопределенности измерения работы удара на маятниковом копре, соответствующий стандарту технических условий ГОСТ 10708-82. Если проверка геометрических и механических характеристик копра на соответствие ГОСТ 10708-82 осуществлена в полном объеме, то для оценки неопределенности измерения работы удара маятниковым копром можно использовать уравнение измерения

$$K = E_{\alpha} - E_{\beta} + \Theta(K_s) + \Theta(H), \quad (1)$$

где K – результат измерения работы удара на маятниковом копре; E_{α} – запас потенциальной энергии, Дж; E_{β} – энергия маятника для измеренного угла взлета β , Дж; $\Theta(K_s)$ – составляющая смещения показаний работы удара для аналогового или цифрового отсчетного устройства копра, Дж; $\Theta(H)$ – составляющая смещения показаний работы удара за счет потерь энергии при свободном качании маятника за половину полного колебания, Дж.

⁸ ГОСТ Р ИСО 22514-7-2024 Статистические методы. Управление процессами. Часть 7. Воспроизводимость процессов измерений.

Предполагая, что все величины независимы, суммарная стандартная неопределенность работы удара может быть оценена по формуле

$$u_c(K) = \sqrt{u^2(E_{\alpha}) + u^2(E_{\beta}) + u^2(K_s) + u^2(H)}, \quad (2)$$

где $u(E_{\alpha})$ – стандартная неопределенность потенциальной энергии маятника, Дж; $u(E_{\beta})$ – стандартная неопределенность энергии маятника для измеренного угла взлета β , Дж; $u(K_s)$ – стандартная неопределенность показаний работы удара для аналогового или цифрового отсчетного устройства копра, Дж; $u(H)$ – стандартная неопределенность показаний работы удара за счет потерь энергии при свободном качании маятника за половину полного колебания, Дж.

Метод оценивания неопределенности измерения работы удара на маятниковом копре без априорной информации о соответствии стандарту технических условий ГОСТ 10708-82. Калибровка маятникового копра по методике ISO 148-2:2016 состоит из серии проверок геометрических и механических характеристик. Схема измеряемых геометрических величин приведена на рис. 1. Отклонение от номинальных значений этих характеристик вносит вклад в неопределенность результата измерения работы удара относительно истинного значения измеряемой величины. Для оценки неопределенности измерения работы удара маятниковым копром стандарт ISO 148-2:2016 предлагает использовать уравнение измерения

$$K = A_1 + \Theta(R) + \Theta(A) + \Theta(C) + \Theta(E) + \Theta(V) + \Theta(L-l) + \Theta(H) + \Theta(S) + \Theta(B), \quad (3)$$

где K – результат измерения работы удара на маятниковом копре; A_1 – неизвестное опорное (истинное) значение измеряемой величины; $\Theta(R)$ – составляющая смещения работы удара за счет вариации кривизны радиуса ножа маятника; $\Theta(E)$ – составляющая смещения работы удара за счет вариации геометрии упоров и опор; $\Theta(C)$ – составляющая смещения работы удара за счет вариации положения надреза образца при испытании на ударный изгиб; $\Theta(A)$ – составляющая смещения за счет погрешности вычисления работы удара по измеренным углам; $\Theta(V)$ – составляющая смещения работы удара за счет вариации скорости движения маятника в момент удара;

$\Theta(L-l)$ – составляющая смещения работы удара за счет несовпадения расстояния L от оси качания маятника до середины образца и расстояния l от оси качания маятника до центра удара; $\Theta(H)$ – составляющая смещения работы удара за счет потерь на трение; $\Theta(S)$ – составляющая смещения за счет погрешности показаний работы удара на аналоговой или цифровой шкале; $\Theta(B)$ – составляющая смещения работы удара за счет вариации геометрии испытываемого образца.

Предполагая, что все величины независимы, суммарная стандартная неопределенность работы удара может быть оценена по формуле

$$u_c(K) = \sqrt{u^2(R) + u^2(A) + u^2(C) + u^2(E) + u^2(V) + u^2(L-l) + u^2(H) + u^2(S) + u^2(B)}. \quad (4)$$

Влияние факторов (R, B) на поглощенную энергию считается незначительным:

– если они находятся в пределах допусков, подтвержденных при калибровке маятникового копра;

– если образцы для испытания на ударный изгиб соответствуют ГОСТ 9454–2025, ГОСТ Р ИСО 148-1-2013⁹.

Скорость движения маятника в момент удара является типичным параметром копра, ее значение рассчитывается из длины маятника и угла взлета. Поскольку относительная неопределенность измерений величин для расчета скорости удара мала, расчета неопределенности – составляющей смещения работы удара за счет вариации скорости движения маятника в момент удара – не требуется согласно методике ISO 148-2:2016.

Диаграмма Исикавы (рис. 2) приведена для последующего анализа основных источников неопределенности измерений работы удара.

С оценкой составляющей смещения работы удара за счет вариации положения надреза образца во время испытания на ударный изгиб $\Theta(C)$ можно ознакомиться в работах [1, 6].
Оценка составляющей смещения работы удара

⁹ ГОСТ Р ИСО 148–1–2013 Материалы металлические. Испытание на ударный изгиб на маятниковом копре по Шарпи. Часть 1: Метод испытания.

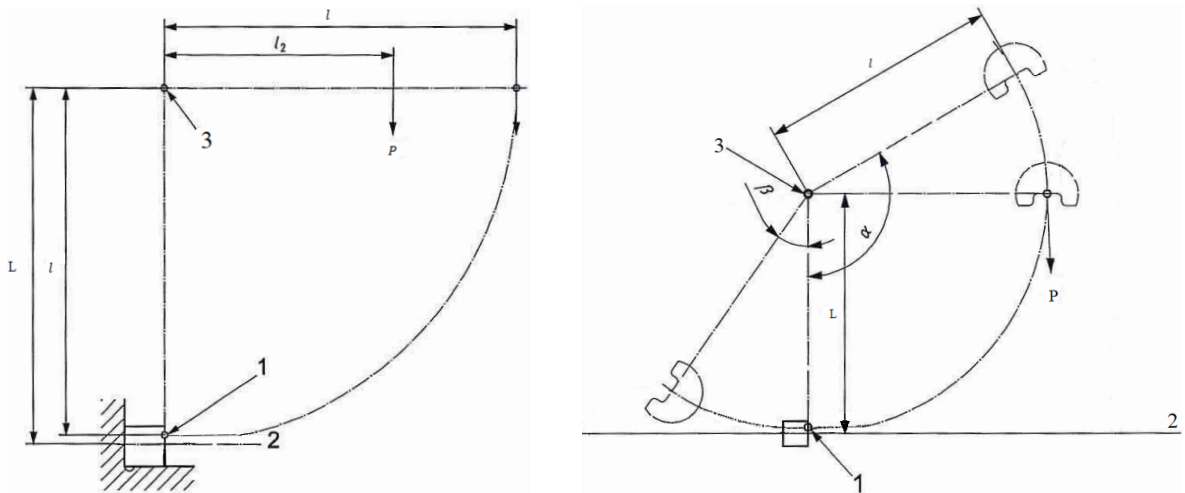


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 1. Схема измеряемых геометрических величин работы удара:

1 – центр удара; 2 – середина образца; 3 – ось качания; P – вес маятника, Н; β – угол подъема маятника, градус; α – угол подъема маятника, градус; l_2 – расстояние от точки опирания кромки ножа на призму, м; l – расстояние между центром удара и осью качания (приведенная длина маятника); L – расстояние между осью качания и серединой образца

Fig. 1. Diagram of measured geometrical quantities for absorbed energy:

1 – center of percussion; 2 – centre of test piece; 3 – axis of rotation; P – weight of the pendulum, N; β – angle of rise, degrees; α – angle of fall, degrees; l_2 – distance to the point of application of the force P from the axis of rotation, m; l – distance between the center of percussion and the axis of rotation; L – distance between the axis of rotation and centre of test piece

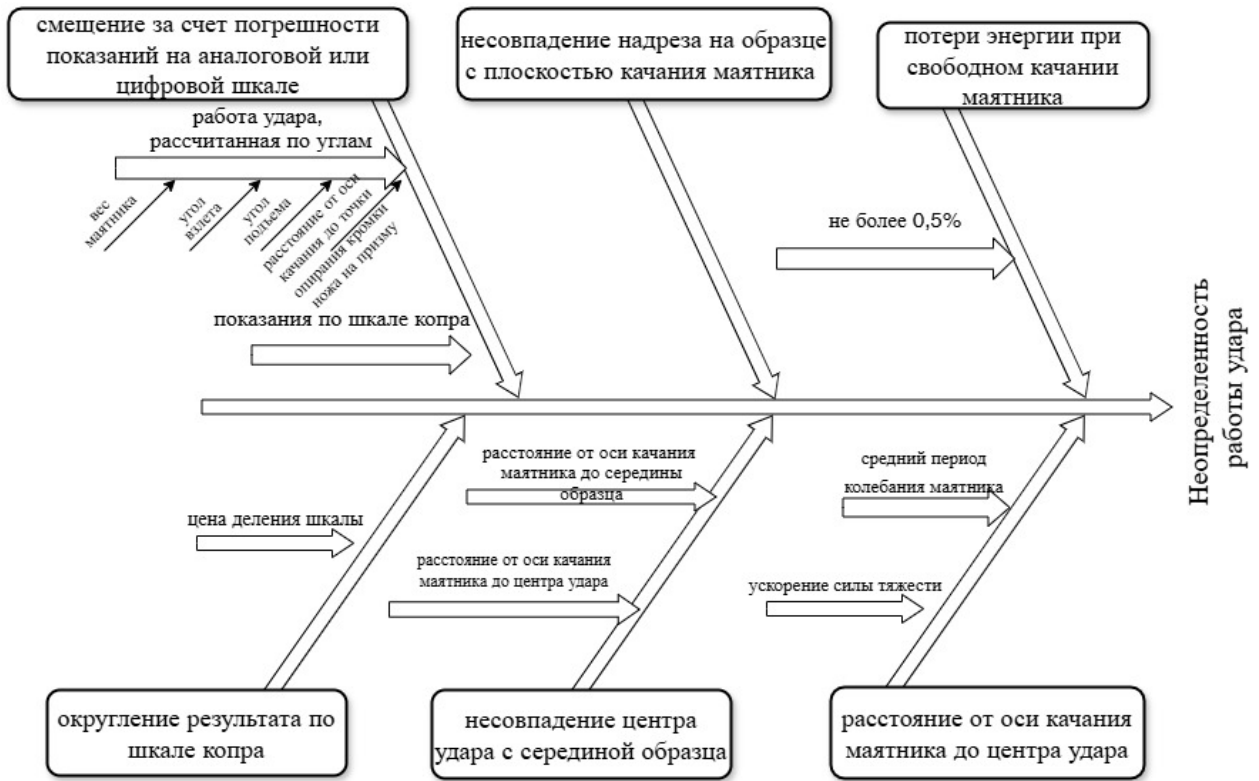


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 2. Анализ источников неопределенности измерений работы удара на основе диаграммы Исикавы

Fig. 2. Analysis of uncertainty sources in absorbed energy measurements based on the Ishikawa diagram

за счет вариации геометрии упоров и опор $\theta(E)$ приведена в работе [6].

Маятник копра должен быть сконструирован таким образом, чтобы разность между расстоянием L от оси качания до середины образца и расстоянием от оси качания маятника до центра удара находилась в интервале от $0,99L$ до L . Для определения используют уравнение измерения

$$l = \frac{g \cdot t^2}{4 \cdot \pi^2}, \quad (5)$$

где l – расстояние между центром удара и осью качания (приведенная длина маятника), м; t^2 – средний период колебания маятника по трем измерениям при 100, 50, 25 колебаниях.

Если измерение времени T для 50 качаний выполняется с помощью средств измерения времени с погрешностью измерения $\Delta(T)$, то неопределенность l может быть рассчитана по формуле

$$u(l) = \frac{2g \cdot T}{4 \cdot \pi^2 \cdot 50^2}. \quad (6)$$

Так как расстояние от оси качания до середины образца измерить напрямую невозможно, неопределенность определяют как минимум тремя измерениями L_1, L_2, L_3 . Пусть штангенциркуль для измерения малых длин L_1, L_3 имеет погрешность $\Delta(L_1) = \Delta(L_3) = \pm 0,03$ мм, штангенциркуль для измерения большей длины имеет погрешность $\Delta(L_2) = \pm 0,1$ мм, тогда неопределенность измерения длины маятника:

$$u(L) = \sqrt{(\Delta^2(L_1) + \Delta^2(L_2) + \Delta^2(L_3)) / 3}. \quad (7)$$

Неопределенность отклонения положения центра удара от положения середины образца $(L-l)$ рассчитывается с учетом приведенных выше неопределенностей измерений согласно ГОСТ Р ИСО 22514–7–2024 следующим образом:

$$u(L-l) = \sqrt{u^2(L) + u^2(l) + (L-l)^2 / 3}. \quad (8)$$

Для вычисления работы удара A по измеренным углам используется следующее уравнение измерений:

$$A = P \cdot l_2 \cdot (\cos\beta - \cos\alpha), \quad (9)$$

где P – вес маятника, Н; l_2 – расстояние от оси качания до точки опирания кромки ножа на призму, м; β – угол взлета маятника, градус; α – угол подъема маятника, градус.

Для суммарной стандартной неопределенности работы удара, вычисленной по измеренным углам, используют формулу

$$u(A) = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial P}\right)^2 u^2(P) + \left(\frac{\partial A}{\partial l_2}\right)^2 u^2(l_2) + \left(\frac{\partial A}{\partial \beta}\right)^2 u^2(\beta) + \left(\frac{\partial A}{\partial \alpha}\right)^2 u^2(\alpha)}, \quad (10)$$

где коэффициенты чувствительности равны:

$$\frac{\partial A}{\partial \alpha} = P \cdot l_2 \cdot \sin\alpha,$$

$$\frac{\partial A}{\partial \beta} = -P \cdot l_2 \cdot \sin\beta,$$

$$\frac{\partial A}{\partial P} = l_2 \cdot (\cos\beta - \cos\alpha),$$

$$\frac{\partial A}{\partial l_2} = P \cdot (\cos\beta - \cos\alpha).$$

Суммарную стандартную неопределенность измерения веса маятника динамометром вычисляют по формуле

$$u(P) = \frac{\delta}{\sqrt{3}} P,$$

где δ предел допускаемой относительной погрешности измерений силы, %.

$$u(l_2) = \frac{\Delta l_2}{\sqrt{3}},$$

где Δl_2 – погрешность определения расстояния от оси качания до точки опирания кромки ножа на призму.

Систематическая погрешность отсчетного устройства S представляет собой разность между показаниями работы удара на аналоговой шкале копра или цифровым значением, отображаемым, например, на персональном компьютере копра, и рассчитанным значением работы удара. Систематическая погрешность описывается формулой

$$S = K_s - A, \quad (11)$$

где S – составляющая погрешности отсчетного устройства, остающаяся постоянной при

повторных измерениях работы удара; K_s – показание работы удара на аналоговой шкале копра или цифровое значение, отображаемое на персональном компьютере копра; A – значение работы удара, рассчитанное по измеренным углам.

Суммарная стандартная неопределенность, согласно ГОСТ Р ИСО 22514–7–2024:

$$u(S) = \sqrt{u^2(K_s) + u^2(A) + (K_s - A)^2 / 3}, \quad (12)$$

где

$$u(K_s) = \frac{a}{\sqrt{12}},$$

где a разрешение шкалы, наименьшая определяемая разность между двумя измеренными значениями.

Метод оценивания неопределенности измерения работы удара на маятниковом копре с использованием стандартных образцов утвержденного типа. Метод оценки неопределенности измерения работы удара, связанный с использованием ГСО, позволяет получить оценки характеристик качества измерений в виде показателя правильности измерений V и показателя прецизионности измерений u_v . Значения характеристик качества измерений требуются для расчета неопределенности результатов испытаний, выполняемых с помощью маятникового копра с использованием ГСО.

Основным результатом использования ГСО является оценка смещения (систематической погрешности) результата измерений работы удара:

$$B = \bar{K} - K_{\text{ГСО}}, \quad (13)$$

где \bar{K} – среднее арифметическое значений работы удара из пяти образцов, входящих в ГСО; $K_{\text{ГСО}}$ – аттестованное значение работы удара ГСО.

Стандартная неопределенность значения смещения (систематической погрешности) равна сумме стандартных неопределенностей двух членов в формуле (13).

Стандартная неопределенность аттестованного значения работы удара $u_{\text{ГСО}}$ рассчитывается на основе расширенной неопределенности $U_{\text{ГСО}}$, указанной в паспорте ГСО, путем деления $U_{\text{ГСО}}$ на соответствующий коэффициент охвата из паспорта ГСО.

Неопределенность, связанная с \bar{K} , рассчитывается по формуле

$$u(\bar{K}) = \frac{b}{\sqrt{5}}, \quad (14)$$

где b – оценка среднеквадратического отклонения.

Стандартную неопределенность показателя смещения (систематической погрешности) измерения работы удара оценивают по формуле

$$u(B) = \sqrt{\left(\frac{b}{\sqrt{5}}\right)^2 + u_{\text{ГСО}}^2}. \quad (15)$$

Для компенсации оцененного систематического эффекта можно использовать поправку к шкале работы удара. Однако из-за износа упоров и частей молота невозможно обеспечить стабильное значение поправки в период между двумя поверками. Поэтому измеренное значение смещения считают вкладом в суммарную неопределенность величины работы удара для маятникового-копра, поверенного с использованием ГСО:

$$u_c = \sqrt{B^2/3 + u(B)^2}. \quad (16)$$

В случае корректировки измеренных значений работы удара смещение, равное B , вычитают из результата измерения. Обязательным условием для корректировки является достоверность и стабильность значения смещения. Достоверность знаний о стабильности поправки к шкале работы удара конкретного маятникового копра может быть достигнута в результате анализа тренда серии поверок и/или использования контрольных карт, с помощью которых можно предоставить необходимые доказательства стабильности смещения копра.

В тех случаях, когда это необходимо, вычисляют расширенную неопределенность U по формуле

$$U = k \cdot u_c, \quad (17)$$

где k – коэффициент охвата (числовой коэффициент, используемый как множитель при суммарной стандартной неопределенности для получения расширенной неопределенности).

Коэффициент охвата k выбирают в соответствии с формулой

$$k = t_p(v_{\text{eff}}), \quad (18)$$

где $t_p(v_{\text{eff}})$ – квантиль распределения Стьюдента с эффективным числом степеней свободы v_{eff} и доверительной вероятностью (уровнем доверия) p . Значения коэффициента $t_p(v_{\text{eff}})$ приведены в ГОСТ 34100.3–2017.

Эффективное число степеней свободы определяют по формуле

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\frac{u(\bar{K})^4}{4} + \frac{u_{\text{ГСО}}^4}{v_{\text{ГСО}}} + \frac{B^4}{4}}. \quad (19)$$

Значение $v_{\text{ГСО}}$ берется из документации на ГСО.

ГСО содержит пять образцов, неоднородность материала которых имеет значение. Поэтому число эффективных степеней свободы чаще всего недостаточно велико, чтобы использовать коэффициент охвата k , равный 2. По согласованию допускается использовать другие значения коэффициента охвата k .

Результаты и обсуждение

В исследовании систематизированы три метода оценки неопределенности измерений механических характеристик металлов при испытании на ударный изгиб:

- метод оценки неопределенности измерения работы удара на маятниковом-копре, соответствующим межгосударственному стандарту технических условий ГОСТ 10708–82, подтвержденному путем поверки по МИ 1782–87¹⁰ [8];

- метод оценки неопределенности измерения работы удара на маятниковом-копре, откалиброванном по методике ISO 148–2:2016 без применения ГСО;

- метод оценки неопределенности измерения работы удара на маятниковом-копре с использованием ГСО.

Если при поверке копра по [8] установлено соответствие его технических характеристик требованиям ГОСТ 10708–82, то бюджет неопределенности измерения работы удара копром для уравнения измерения (1) представлен в табл. 1. Предполагалось, что цена деления аналогового отсчетного устройства копра составляет 2 Дж согласно ГОСТ 10708–82.

¹⁰ МИ 1782–87 Государственная система обеспечения единства измерений. Копры маятниковые. Методика поверки.

Таблица 1. Бюджет неопределенности работы удара для копра, соответствующего ГОСТ 10708–82

Table 1. Uncertainty budget for the absorbed energy of a pendulum compliant with GOST 10708–82

Величина	Измеренное значение, Дж	Предел допускаемой погрешности	Закон распределения	Стандартная неопределенность, Дж	Коэффициент чувствительности	Вклад в неопределенность K Дж
E_a	300	$\pm 0,5\%$	равномерный	0,866	1	0,866
E_β	от 30 до 240	$\pm 3,0$ Дж	равномерный	1,73	1	1,73
K_s	от 30 до 240	2 Дж	равномерный	0,577	1	0,577
H	от 30 до 240	0,5 %	равномерный	0,433	1	0,433
Суммарная стандартная неопределенность $u_c(K)$						2,06
Расширенная неопределенность измерений ($k=2, P=0,95$)						4,1 Дж

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Новая версия стандарта для испытания на ударный изгиб ГОСТ 9454–2025 содержит схожий алгоритм для оценивания неопределенности измерений. Его анализ позволил выявить противоречащие ГОСТ 34100.3–2017 положения. Для оценки неопределенности работы удара в Приложении Ж ГОСТ 9454–2025 предлагается учесть стандартную неопределенность, вызванную инструментальной погрешностью копра, и стандартную неопределенность, связанную с разрешающей способностью копра. Используя формулы Ж.2, Ж.3 и Ж.5 ГОСТ 9454–2025, суммарную неопределенность работы удара можно переписать с учетом приведенных в настоящей работе обозначений:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{E_\beta}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^2}. \quad (20)$$

В формуле (20) отсутствуют вклады от потенциальной энергии маятника и от потери энергии при качании маятника, которые согласно табл. 1 дают существенный вклад в суммарную стандартную неопределенность работы удара. Следует отметить, что формула Ж.5 ГОСТ 9454–2025 для стандартной неопределенности, связанной с разрешающей способностью копра, противоречит п. 4.3.7 ГОСТ 34100.3–2017, предписывающему для описания дисперсии

равномерного распределения между соседними показаниями копра и использовать формулу

$$u^2 = \frac{(a_+ - a_-)^2}{12}.$$

Приложение Ж представляет собой набор инженерных эвристик, которые лишь декларируют соответствие ГОСТ 34100.3–2017. Документ демонстрирует подмену понятий стандартной и расширенной неопределенности, ошибочно работает с полуширинами прямоугольного распределения. Использовать предлагаемые формулы для строгих метрологических расчетов или калибровки лабораториям, работающим по стандарту ГОСТ ISO/IEC17025–2019¹¹, не рекомендуется без их предварительной адаптации под истинные требования GUM.

Пример оценки неопределенности работы удара 48 Дж приведен для копра маятникового серии РКР¹², откалиброванного по ISO 148-2:2016 с номинальным значением потенциальной энергии маятника 300 Дж. Бюджет неопределенности для работы удара приведен в табл. 2.

¹¹ ГОСТ ISO/IEC17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

¹² Копер маятниковый серии РКР (модель РКР450, изготовитель ZWICK GmbH Co. KG, Германия).

Исходные данные для вычисления $u(P)$, $u(l_2)$, $u(\alpha)$, $u(\beta)$ в уравнении (10):

– вес маятника на расстоянии от оси качания до точки опирания кромки ножа на призму $l_2 = 757,0$ мм, $P = 212,3$ Н;

– предел допускаемой относительной погрешности измерений силы для динамометра электронного ДМУ-1/1-0,5МГ4 $\delta = \pm 0,12\%$;

– расстояние от оси качания до точки опирания кромки ножа на призму $l_2 = 757,0$ мм;

– погрешность измерения расстояния: $\Delta l_2 = \pm 0,3$ мм;

– угол взлета: $\beta = 124,6^\circ$; угол подъема: $\alpha = 149,7^\circ$;

– погрешность измерения углов квадрантом оптическим КО-2 по ГОСТ 14967–80¹³: $\Delta\alpha = \Delta\beta = \pm 5''$.

Исходные данные для вычисления $u(K_s)$, $u(A)$ в уравнении (12):

– значение, считанное с аналоговой шкалы копра: $K_s = 48,0$ Дж;

– разрешение шкалы $a = 1$ Дж;

– работа удара, рассчитанная по измеренным углам $A = 47,7$ Дж;

– расширенная неопределенность работы удара, рассчитанной по измеренным углам $U(A) = 0,11$ Дж;

– разность между работой удара по шкале копра и работой удара, рассчитанной

¹³ ГОСТ 14967–80 Квадранты оптические. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования.

по измеренным углам, не должна превышать $\pm 0,5\%$ от номинального значения потенциальной энергии маятника, $|K_s - A| \leq 1,5$ Дж.

Исходные данные для вычисления $u(L)$, $u(l)$ в уравнении (8):

– период 50 колебаний $T(50) = 87,0$ с;

– предел допускаемой основной погрешности измерения интервала времени 87 с секундомером СОСпр-2б-2-010 составляет $\pm 0,6$ с;

– рассчитанное расстояние от оси качания маятника до центра удара $l = 753,0$ мм;

– разность между расстоянием L от оси качания до середины образца и расстоянием l от оси качания маятника до центра удара должна находиться в интервале от $0,99L$ до L , где $L = l_2 = 757,0$ мм.

Исходные данные для вычисления H :

– суммарные потери энергии составляют $0,5$ Дж.

Исходные данные для вычисления $u(C)$ взяты из [1]:

– если образцы подвергаются удару не по центру (на $1-2$ мм), то смещение величины работы удара будет находиться в диапазоне от 2 до 4 Дж.

Исходные данные для вычисления $u(E)$ взяты из [1]:

– для малых значений работы удара смещение оценивается как $0,05$ Дж.

Диаграмма бюджета неопределенности работы удара приведена на рис. 3. Наибольший

Таблица 2. Бюджет неопределенности работы удара

Table 2. Uncertainty budget for absorbed energy

Величина	Измеренное значение	Характеристика качества измерений		Стандартная неопределенность	Коэффициент чувствительности	Вклад в неопределенность
		Исходные данные	Закон распределения			
P	212,3 Н	$\pm 0,12\%$	равномерный	0,147 Н	0,224 Дж/Н	0,0329 Дж
l_2	757,0 мм	$\pm 0,3$ мм	равномерный	0,173 мм	62,7 Дж/м	0,0109 Дж
β	$124,6^\circ$	$\pm 5''$	равномерный	2,89''	80,3 Дж/рад	0,0113 Дж
α	$149,7^\circ$	$\pm 5''$	равномерный	2,89''	78,3 Дж/рад	0,0110 Дж
K_s	48,0 Дж	1 Дж	равномерный	0,289 Дж	1	0,289 Дж
A	47,7 Дж	0,074 Дж	нормальный	0,037 Дж	1	0,055 Дж
$K_s - A$	0,3 Дж	0,3 Дж	равномерный	0,173 Дж	1	0,173 Дж

Окончание табл. 2
End of Table 2

Величина	Измеренное значение	Характеристика качества измерений		Стандартная неопределенность	Коэффициент чувствительности	Вклад в неопределенность
		Исходные данные	Закон распределения			
L	757,0 мм	$\pm 0,3$ мм	равномерный	0,173 мм	62,7 Дж/м	0,0108 Дж
l	753 мм	0,12 мм	нормальный	6 мм	62,7 Дж/м	0,376 Дж
$L-l$	4 мм	4 мм	равномерный	2,31 мм	62,7 Дж/м	0,145 Дж
H	300 Дж	0,5 Дж	равномерный	0,144 Дж	1	0,144 Дж
C	–	2 Дж	равномерный	1,15 Дж	1	1,15
E	–	0,05 Дж	равномерный	0,0144 Дж	1	0,0144 Дж
Суммарная стандартная неопределенность $u_c(K)$						1,27 Дж
Расширенная неопределенность измерения ($k=2, P=0,95$)						2,5 Дж

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

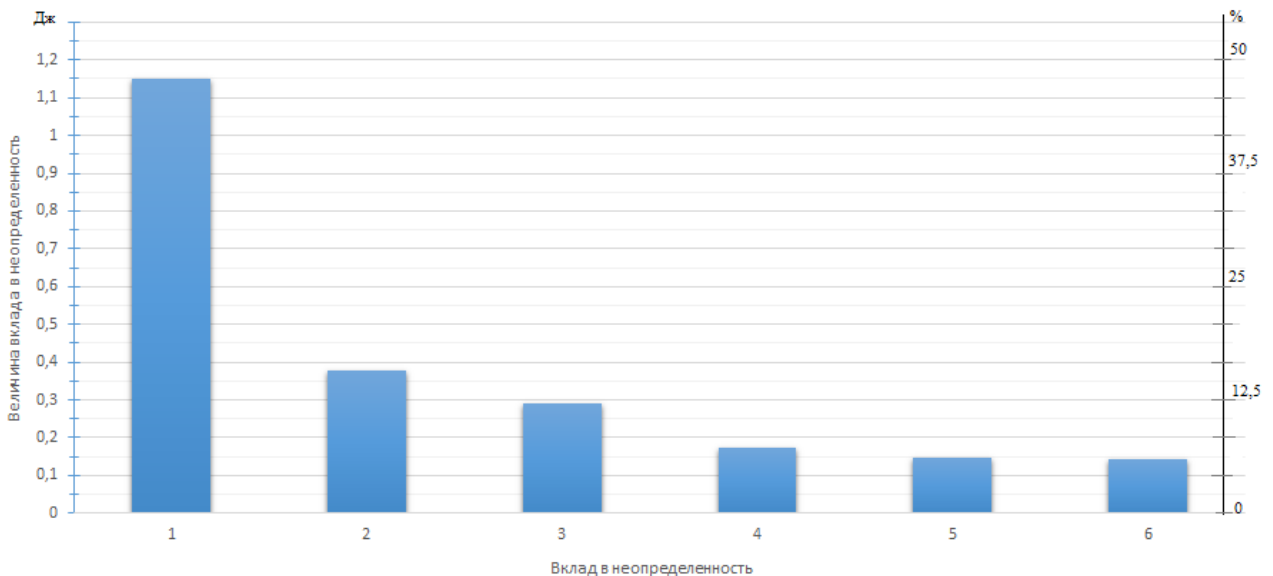


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 3. Диаграмма бюджета неопределенности работы удара для вкладов, превышающих 5% (оценка по международному стандарту ISO 148-2): ось слева – величина вклада в неопределенность, Дж; ось справа – доля вклада в неопределенность, %; 1 – несовпадение надреза на образце с плоскостью качания; 2 – расстояние от оси качания маятника до центра удара; 3 – округление результата по шкале копра; 4 – смещение за счет погрешности показаний на аналоговой или цифровой шкале; 5 – несовпадение центра удара с серединой образца; 6 – потери энергии при свободном качании

Fig. 3. Uncertainty budget diagram for absorbed energy contributions exceeding 5% (evaluation according to the international standard ISO 148-2): the left axis is the value of the uncertainty contribution, J; the right axis is percentage of the uncertainty contribution, in %; 1 – notch of the test piece mismatch with the swinging plane; 2 – distance to the centre of percussion from the axis of rotation; 3 – scale accuracy; 4 – the error of the measured energy; 5 – the centre of percussion mismatch with the centre of test piece; 6 – friction loss

вклад в бюджет неопределенности дают: округление результата по шкале копра, несовпадение центра удара с серединой образца, потери энергии при свободном качании маятника, несовпадение надреза на образце с плоскостью качания маятника. Влияние на работу удара факторов, связанных с вариацией кривизны радиуса ножа маятника, вариацией геометрии образца, скоростью движения маятника в момент удара, считается незначительным, если они находятся в пределах допусков, предусмотренных ГОСТ 9454–2025, ISO 148-2:2016, ГОСТ Р ИСО 148–1–2013. Отметим, что оценка расширенной неопределенности, включающая нормы величин $L-l$, K_s-A согласно ISO 148-2:2016, дает более консервативную оценку 3,0 Дж.

Пример результата оценивания неопределенности работы удара с использованием

ГСО 11934-2022. Результаты (табл. 3) получены на ГСО с аттестованным значением работы удара 25,8 Дж и погрешностью аттестованного значения $\pm 1,6$ Дж при 30 степенях свободы (значения взяты из документации на стандартный образец).

Суммарная неопределенность измерения работы удара относительно велика, поскольку состоит из суммы $u(B)$ и $B/\sqrt{3}$. Если бы измеренное значение работы удара было скорректировано на значение систематической погрешности B , то суммарная неопределенность работы удара была бы существенно меньше $u(B)=2,63$ Дж. В данной работе использован подход из рекомендаций ГОСТ Р ИСО 22514–7–2024 и статьи [7], отличающийся от ISO 148-2:2016 в части вычисления расстояния между значением, соответствующим стандартному образцу, и средним арифметическим результатов

Таблица 3. Бюджет неопределенности величины работы удара при использовании ГСО
Table 3. Uncertainty budget for the absorbed energy value when using GSO

Результаты испытаний и данные из паспорта ГСО		Оценивание значений неопределенностей	
Образец 1	33,1 Дж	\bar{K}	29,4 Дж
Образец 2	26,1 Дж	$b=1,48 \text{ median}(1,9;3,3;3,7;4,2;6,6)$	5,5 Дж
Образец 3	22,8 Дж	$u(\bar{K})$	2,46 Дж
Образец 4	33,6 Дж		
Образец 5	31,3 Дж		
Аттестованное значение СО	25,9 Дж	$B=\bar{K}-K_{\text{ГСО}}$	3,6 Дж
Значение погрешности аттестованного значения СО $\Delta_{\text{ГСО}}$	$\pm 1,6$ Дж	$u_{\text{ГСО}}$	0,924 Дж
		$u(B)=\sqrt{\left(\frac{b}{\sqrt{5}}\right)^2+u_{\text{ГСО}}^2}$	2,63 Дж
		$u_c=\sqrt{B^2/3+u(B)^2}$	3,35 Дж
Число степеней свободы СО	30	$v_{\text{eff}}=\frac{u_c^4}{\frac{b^4}{100}+\frac{u_{\text{ГСО}}^4}{v_{\text{ГСО}}}+\frac{B^4}{4}}$	8
Коэффициент охвата $k=t_p(v_{\text{eff}})$ при $P=0,95$ и $v_{\text{eff}}=8$	2,31	$U=k \cdot u_c$	7,7 Дж

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

измерений. Отметим, что оценка расширенной неопределенности, выполненная по алгоритму ISO 148-2:2016, дает более консервативную оценку 10,3 Дж.

Заключение

Рассмотрение примеров для трех методов оценки неопределенности измерений механических характеристик металлов при испытании на ударный изгиб (рис. 4) позволяет сделать следующие выводы.

Наиболее простым в использовании является метод оценки неопределенности измерения работы удара на маятниковом-копре, соответствующий межгосударственному стандарту технических условий ГОСТ 10708–82. Для оценивания неопределенности работы

удара достаточно использовать предельные значения параметров для конкретной модели маятникового копра (табл. 2) ГОСТ 10708–82 или в описании типа. Недостатком метода является отсутствие учета неопределенности, связанной с прослеживаемостью к опорному значению.

Наиболее прецизионным является метод оценки неопределенности измерения работы удара на маятниковом-копре, откалиброванном по методике ISO 148-2:2016 без использования ГСО. Метод имеет ограничение: незначительными считаются вклады в неопределенность работы удара, связанные с вариацией кривизны радиуса ножа маятника, вариацией геометрии упоров и опор. Необходимость оценивания неопределенности

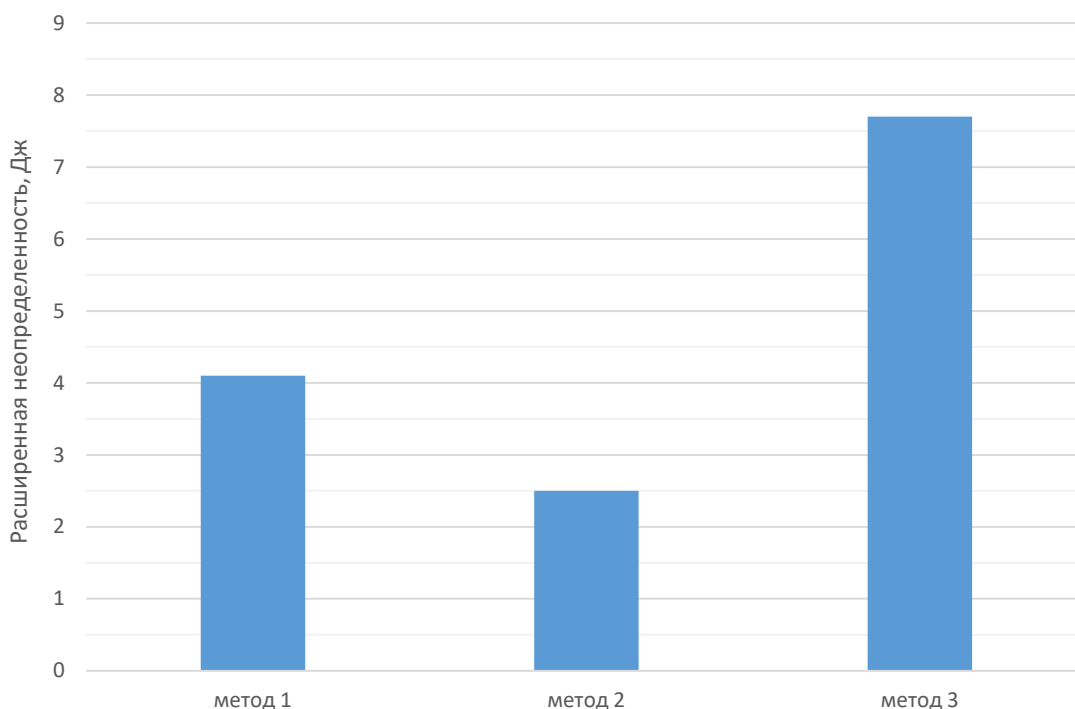


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 4. Сравнительная диаграмма трех методов оценки неопределенности измерений при испытании на ударный изгиб: метод 1 – расширенная неопределенность работы удара для поверенных копров, имеющих метрологические и технические характеристики по ГОСТ 10708–82; метод 2 – расширенная неопределенность работы удара для копров с оценкой метрологических и технических характеристик по методике калибровки ISO 148–2:2016; метод 3 – расширенная неопределенность работы удара для копров с учетом прослеживаемости к ГСО 11934-2022

Fig. 4. Comparative diagram of three methods for evaluating measurement uncertainty in impact bending tests: method 1 – expanded uncertainty of absorbed energy for verified pendulums with metrological and technical characteristics according to GOST 10708–82; method 2 – expanded uncertainty of absorbed energy for pendulums with evaluation of metrological and technical characteristics according to the ISO 148–2:2016 calibration procedure; method 3 – expanded uncertainty of absorbed energy for pendulums considering traceability to GSO 11934-2022

для конкретного значения угла взлета маятника позволяет минимизировать значение неопределенности работы удара, но приводит к необходимости повторить составление бюджета неопределенности для другого значения угла взлета маятника, если испытывается материал с другим значением работы удара. Отсутствие в бюджете неопределенности вклада, связанного с прослеживаемостью к опорному значению, так же является недостатком метода.

Преимущества метода оценки неопределенности измерения работы удара на маятниковом-копре с использованием ГСО:

- во-первых, обеспечение учета прослеживаемости результата к опорному значению стандартного образца;

- во-вторых, автоматический учет в неопределенности работы удара вкладов, связанных с вариацией кривизны радиуса ножа маятника, вариацией геометрии упоров и опор, которые в остальных методах считаются незначительными.

Кроме того, данный метод является экспрессным, позволяющим оперативно оценить неопределенность полученного результата. К его недостаткам следует отнести необходимость иметь ГСО для той области работы удара, где проводятся испытания материала.

Анализ новой версии стандарта ГОСТ 9454–2025 выявил существенные недостатки в Приложении Ж «Оценка неопределенности измерения». Приведенные для оценки неопределенности измерения работы удара «упрощенные формулы» противоречат базовым концепциям современной метрологии, их использование приводит к занижению оценки неопределенности работы удара и ударной вязкости соответственно.

Таким образом, поставленные задачи исследования решены полностью. Перспективными направлениями исследования являются:

- верификация полученных аналитических моделей методами численного моделирования (например, методом Монте-Карло для нелинейных тригонометрических уравнений);

- исследование бюджетов неопределенности для испытаний при экстремальных (пониженных и повышенных) температурах, заявленных в ГОСТ 9454–2025.

Отмечая практическое значение работы, подчеркнем:

- результаты исследования планируется включить в проект стандарта на поверку копров маятниковых;

- испытательные лаборатории могут использовать результаты (оцененные неопределенности) как интервалы приемки, что позволит корректно интерпретировать результаты приемочных испытаний металлопродукции и минимизировать риск выпуска брака (несоответствия продукции установленным требованиям);

- полученные бюджеты и алгоритмы послужат основой для разработки новых ГСО.

Благодарности: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора. Авторы благодарят заведующую лабораторией УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» Лидию Александровну Трибушевскую за консультации и плодотворное обсуждение полученных результатов.

Acknowledgments: This study did not receive any grant-based financial support from organisations in the public, commercial, or non-profit sectors. The authors thank L. A. Tribushevskaya, Head of the Laboratory, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, for her consultations and fruitful discussion of the obtained results.

Вклад авторов: Все авторы внесли свой вклад в концепцию и дизайн исследования. Толмачев В. В. – разработка концепции исследования, разработка методологии, проведение исследования, работа с источниками литературы, проверка и редакция текста статьи; Ченцова Ю. С. – формальный анализ, валидация, редакция текста статьи.

Contribution of the authors: All authors contributed to the concept and design of the study. Tolmachev V. V. – research concept development, methodology development, research implementation, review of literature sources, verification and editing of the article; Chentsova Iu. S. – formal analysis, validation, and editing of the article.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. NIST recommended practice guide: computing uncertainty for Charpy Impact machine test results / J. D. Splett [et al.]. Washington : U. S. Government printing office, 2008, 36 p.
2. Quality assurance of absorbed energy in Charpy Impact Test / C. L. F. Rocha [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2016. Vol. 733. P. 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/733/1/012009>
3. Incesu A., Usta B. Measurement uncertainty calculation for Charpy Impact Test of S275JR quality steel // *UDCS'17 : Proceedings 3rd Iron and Steel Symposium, Karabuk, 3–5 April 2017*. Karabuk : Karabuk University, 2017. P. 341–344.
4. Abu-Sinna A., Saher H. R. A proposed estimation of the expanded uncertainty of Charpy Impact Testers // *Asian Journal of Applied Sciences*. 2020. Vol. 8, Iss. 5. P. 240–246. <https://doi.org/10.24203/ajas.v8i5.6326>
5. Aydemir B. Uncertainty analysis in the notch impact test, for materials with different energy levels // *Acta Polytechnica Hungarica*. 2021. Vol. 18, № 7. P. 187–200. <https://doi.org/10.12700/APH.18.7.2021.7.10>
6. Awachat P., Dakr V. Analysis of various parameters responsible for measurement uncertainty in Charpy Impact Testing // *AIP Conference Proceedings : 2nd International Conference on Advanced Materials Behaviour and Characterization, Chennai, 24–26 April 2021*. Chennai : AIP Publishing, 2021. P. 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0072681>
7. Ченцова Ю. С., Толмачев В. В., Забелина А. А. Оценивание неопределенности при испытаниях на ударный изгиб с использованием стандартного образца // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2023. Т. 19, № 4. С. 143–150. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-143-150>
8. Толмачев В. В. Основные положения проекта стандарта «Копры маятниковые. Методика поверки» // *Механометрика: Материалы конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания»*, г. Санкт-Петербург, 1–3 июля 2025 г. / ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Санкт-Петербург : ВНИИМ, 2025. С. 57–58.

REFERENCES

1. Splett JD, Iyer HK, Wang C–M, McCowan CN. NIST recommended practice guide: computing uncertainty for Charpy Impact machine test results. Washington: U. S. Government printing office; 2008. 36 p.
2. Rocha CLF, Fabricio DAK, Costa VM, Reguly A. Quality assurance of absorbed energy in Charpy Impact Test. *Journal of Physics: Conference Series*. 2016;733:012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/733/1/012009>
3. Incesu A, Usta B. Measurement uncertainty calculation for Charpy Impact Test of S275JR quality steel. In: *UDCS'17: Proceedings 3rd Iron and Steel Symposium*, 3–5 April 2017, Karabuk, Turkey. Karabuk: Karabuk University; 2017. P. 341–344.
4. Abu-Sinna A, Saher HR. A proposed estimation of the expanded uncertainty of Charpy Impact Testers. *Asian Journal of Applied Sciences*. 2020;8(5):240–246. <https://doi.org/10.24203/ajas.v8i5.6326>
5. Aydemir B. Uncertainty analysis in the notch impact test, for materials with different energy levels. *Acta Polytechnica Hungarica*. 2021;18(7):187–200. <https://doi.org/10.12700/APH.18.7.2021.7.10>
6. Awachat P, Dakr V. Analysis of various parameters responsible for measurement uncertainty in Charpy Impact Testing. In: *AIP Conference Proceedings: 2nd International Conference on Advanced Materials Behaviour and Characterization*, 24–26 April 2021, Chennai, India. Chennai: AIP Publishing; 2021. P. 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0072681>
7. Chentsova IuS, Tolmachev VV, Zabelina AA. Estimation of uncertainty in Charpy Pendulum Impact Test using the reference material. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2023;19(4):143–150. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-4-143-150>
8. Tolmachev VV. Basic provisions of the draft standard «Pendulum scales. Verification method». In: *Mekhanometrika 2025. Mechanical measurements and tests: Collection of abstracts of reports of the international scientific and technical conference*, 1–3 July 2025, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: VNIIM; 2025. 10–11 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Толмачев Владимир Валерьянович – канд. физ.-мат. наук, заведующий отделом метрологии механических и геометрических величин и характеристик, УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
e-mail: sertif@uniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6122-1734>

Ченцова Юлия Сергеевна – ведущий инженер лаборатории менеджмента риска и метрологического обеспечения безопасности технологических систем, УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
e-mail: Chentsova@uniim.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Tolmachev – Cand. Sci. (Phys.-Math.), Head of the Department of Metrology of Mechanical and Geometric Quantities and Characteristics, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya st., Yekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: sertif@uniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6122-1734>

Iuliia S. Chentsova – Lead Engineer of the Laboratory for Risk Management and Metrological Safety Assurance of Technological Systems, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology

4 Krasnoarmeyskaya st., Yekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: Chentsova@uniim.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья


УДК 006.067:681.2.089:531.786

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-82-93>



Градуировка дополнительных каналов многоканальных динамометров с применением призмы как способ компенсации погрешности измерений силы, проводимых методом совокупных измерений*

В. В. Сычев , И. Ю. Шмигельский 

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия
 v.v.sychev@vniim.ru

Аннотация: Воспроизведение и передача единицы силы в диапазоне от 10 Н до 1 МН в Российской Федерации осуществляется с применением Государственного первичного эталона единицы силы ГЭТ 32–2011 согласно Государственной поверочной схеме. Однако современная промышленность на новом витке развития остро нуждается в обеспечении единства измерений для сил, превышающих 1 МН.

Государственная поверочная схема для передачи единицы силы в обсуждаемом нами диапазоне подразумевает применение метода совокупных измерений. Данный метод удовлетворяет текущим требованиям производственных процессов, однако имеет ряд существенных ограничений, препятствующих повышению точности измерительных средств в диапазоне свыше 1 МН до уровня, сопоставимого с методом прямых измерений.

Цель представленного в статье исследования – рассмотреть и изучить ряд факторов, оказывающих влияние на результат измерений средств измерений силы, реализующих метод совокупных измерений.

Отправной точкой для достижения указанной цели стало определение факторов, снижающих точность метода совокупных измерений силы при использовании групп параллельно нагружаемых динамометров. Для выявления и оценки указанных факторов применен метод анализа нормативных документов и литературных источников. Экспериментальная часть работы реализована с использованием группы динамометров из состава ГЭТ 32–2011. Метод совокупных измерений реализован с использованием параллельно нагружаемых динамометров. Градуировка дополнительных каналов многоканальных динамометров проведена путем проведения нескольких рядов нагружений динамометра на эталоне единицы силы с применением призмы.

Анализ теоретической базы показал, что центральная проблема – систематическая погрешность, возникающая из-за отклонения векторов прикладываемых сил от осей чувствительности динамометров. Для решения данной проблемы разработаны теоретическая модель, количественно оценивающая

* Публикация подготовлена на основе доклада, представленного на Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», которая прошла 1–3 июля 2025 года во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева. Статья была принята к публикации после доработки рукописи и прохождения процедуры рецензирования.

это влияние, и новый метод градуировки дополнительных каналов многоканальных динамометров с использованием призмы, позволяющий компенсировать данную погрешность.

Результаты представленной в статье работы могут рассматриваться как перспективное направление для продолжения исследований влияния описанных в настоящей статье факторов на результаты измерений силы, предполагая в перспективе повышение точности измерений силы в диапазоне от 1 до 9 МН.

Ключевые слова: градуировка, погрешность измерения силы, компенсация погрешности измерений, совокупные измерения, метод совокупных измерений, динамометр, составляющие погрешности, систематическая погрешность, каналы измерений

Для цитирования: Сычев В. В., Шмигельский И. Ю. Градуировка дополнительных каналов многоканальных динамометров с применением призмы как способ компенсации погрешности измерений силы, проводимых методом совокупных измерений // Эталон. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 82–93. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-82-93>

Статья поступила в редакцию 29.10.2025; одобрена после рецензирования 25.02.2026; принята к публикации 25.03.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Review Article

Calibration of Additional Channels of Multi-Channel Dynamometers Using a Prism as a Method for Compensating the Force Measurement Error Performed by the Method of Combined Measurements

Vladimir V. Sychev ✉, Ilya Yu. Shmigelskiy 

D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia

✉ v.v.sychev@vniim.ru

Abstract: In the Russian Federation, the reproduction and transfer of the measurement unit of force in the range from 10 N to 1 MN is carried out using the State Primary Standard of the measurement unit of force GET 32–2011, in accordance with the State Verification Schedule. However, modern industry, at a new stage of its development, has an urgent need to ensure metrological traceability for forces exceeding 1 MN. The State Verification Schedule for transferring the unit of force in the range under discussion implies the use of the method of combined measurements. This method meets the current requirements of production processes, but it has a number of significant limitations that prevent increasing the accuracy of measuring instruments in the range above 1 MN to a level comparable to the method of direct measurements.

The purpose of the research presented is to consider and study a number of factors influencing the measurement result of force measuring instruments that implement the method of combined measurements. The starting point for achieving this goal was to identify the factors that reduce the accuracy of the combined measurement method of force when using groups of parallel-loaded dynamometers. To identify and

evaluate these factors, the method of analyzing regulatory documents and literature sources was applied. The experimental part of the work was carried out using a group of dynamometers from GET 32–2011. The method of combined measurements was implemented using parallel-loaded dynamometers. Calibration of the additional channels of multi-channel dynamometers was carried out by conducting several series of loadings of the dynamometer on the force standard using a prism.

An analysis of the theoretical framework showed that the central problem is the systematic error arising from the deviation of the applied force vectors from the sensitivity axes of the dynamometers. To solve this problem, a theoretical model was developed to quantitatively assess this influence, along with a new method for calibrating the additional channels of multi-channel dynamometers using a prism, which makes it possible to compensate for this error.

The results of the work presented in the article can be considered as a promising direction for further research into the influence of the factors described in this article on the results of force measurements, suggesting the potential to improve the accuracy of force measurements in the range from 1 to 9 MN.

Keywords: calibration, force measurement error, measurement error compensation, combined measurements, combined measurement method, dynamometer, error components, systematic error, measurement channels

For citation: Sychev VV, Shmigelskiy IYu. Calibration of additional channels of multi-channel dynamometers using a prism as a method for compensating the force measurement error performed by the method of combined measurements. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):82–93. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-82-93>

The article was submitted 29.10.2025; approved after reviewing 25.02.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Воспроизведение и передачу единицы силы в Российской Федерации осуществляют согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта № 2498¹, с применением Государственного первичного эталона единицы силы, включающего четыре установки непосредственного нагружения, которые обеспечивают воспроизведение силы в диапазоне от 10 Н до 1 МН. Верхнюю границу этого диапазона обеспечивает установка ЭУ-100.

Однако в сфере промышленности сформирован запрос на обеспечение единства измерений для сил свыше 1 МН [1].

В настоящий момент для передачи размера единицы силы в диапазоне свыше 1 МН Государственная поверочная схема предусматривает применение метода совокупных измерений. Расширенная неопределенность метода совокупных измерений составляет от 0,006 %, что вдвое превышает нижнюю границу неопределенности метода прямых

измерений (0,003 %) в диапазоне до 1 МН². Текущая точность метода совокупных измерений соответствует требованиям промышленности, однако ограничивает возможности повышения точности средств измерений в диапазоне свыше 1 МН.

Повышение точности передачи единицы силы в диапазоне свыше 1 МН до уровня метода прямых измерений требует значительных ресурсов по физическому масштабированию эталона. Например, добавление новых грузов или разработки новых установок в составе ГЭТ 32–2011 в настоящее время не осуществимы в рамках НИОКР ввиду высокой стоимости работ по совершенствованию первичного эталона силы подобным способом. Есть основания допустить, что существующая точность метода совокупных измерений может в будущем ограничить возможность снижения нормируемой погрешности средств измерений силы в диапазоне свыше 1 МН до уровня высокоточных средств измерений, работающих в меньшем диапазоне.

¹ Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2498 от 22.10.2019.

² Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/397917>.

ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» для решения задачи передачи единицы силы в диапазоне до 9 МН применяет группы динамометров, конструкция которых защищена патентом «Устройство для передачи размера единицы силы, воспроизводимой эталонной силовоспроизводящей установкой» [2]. Каждая группа динамометров способна осуществлять передачу единицы силы в диапазоне до 3 МН [3]. Данная конструктивная схема позволяет минимизировать влияние на результат измерений отклонения векторов прилагаемых сил, вызванное отклонением от горизонтального положения опорной плоскости траверсы силовоспроизводящей машины [4]. Три такие группы динамометров позволяют охватить диапазон до 9 МН.

Цель исследования – изучить и обосновать влияние факторов, определяющих погрешность измерений силы при использовании метода совокупных измерений.

Предполагается проверить гипотезу о том, что влияние этих факторов обусловлено отклонением векторов прилагаемых сил от осей чувствительности динамометров в составе нагружаемой группы.

В исследовании предстоит решить следующие задачи:

- провести измерения силы методом совокупных измерений с использованием параллельно нагружаемых динамометров, объединенных в группу;
- экспериментально проверить метод градуировки дополнительных каналов динамометров.

Материалы и методы

Оборудование эксперимента

Метод совокупных измерений реализован с использованием объединенных в группу параллельно нагружаемых динамометров согласно уравнению (1). При таком подходе показания группы определили как сумму $\sum F_q$.

$$\begin{cases} F_1 = I_1 \cdot f_1(I) \\ F_2 = I_2 \cdot f_2(I) \\ \dots \\ F_q = I_q \cdot f_q(I) \\ \dots \\ F_Q = I_Q \cdot f_Q(I), \end{cases} \quad (1)$$

где Q – количество динамометров в группе; I_q – показания индикатора динамометра в мВ/В q -го динамометра; $f_q(I)$ – функция преобразования показаний индикатора из мВ/В в Н q -го динамометра; F_q – показания q -го динамометра из состава группы в Н.

Экспериментальные исследования во ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» показали, что даже при использовании конструкции [2] достичь одинаковых показаний всех динамометров на ступени нагружения невозможно из-за конечной жесткости силовосредствующих проставок и различий в жесткости чувствительных элементов динамометров. Экспериментальные исследования проведены с применением оборудования из состава Государственного первичного эталона единицы силы ГЭТ 32–2011 (рис. 1) [5].

Вследствие конечной жесткости силовосредствующих проставок отклонения опорной плоскости траверсы силовосредствующей машины, на которой установлена группа динамометров, от горизонтального положения, и разницы в жесткости чувствительных элементов, векторы сил, действующих на динамометры Д1, Д2, Д3 со стороны силовосредствующей проставки (векторы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ на рис. 2), отклонялись от осей чувствительности каждого динамометра (оси Oz_1, Oz_2, Oz_3 на рис. 2), что приводило к появлению поперечной составляющей нагрузки (векторы $\vec{F}_{1n}, \vec{F}_{2n}, \vec{F}_{3n}$ на рис. 2) и уменьшению проекции векторов сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ на оси чувствительности динамометров (векторы $\vec{F}_{1z}, \vec{F}_{2z}, \vec{F}_{3z}$ на рис. 2).

Расчетная база

Поперечную составляющую нагрузки на динамометр определяли по формуле (2) как произведение модуля вектора силы, приходящейся на динамометр, на синус угла φ между данным вектором и осью чувствительности динамометра (2):

$$|\vec{F}_{qn}| = |\vec{F}_q| \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

где $\sin \varphi$ – синус угла φ между вектором \vec{F}_q и осью чувствительности динамометра.

Составляющую, расположенную вдоль оси чувствительности динамометра, определяли по формуле (3)



Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data
 Рис. 1. Внешний вид группы динамометров, применяемых во ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» при передаче единицы силы

Fig. 1. A group of dynamometers used at the D. I. Mendeleev Institute for Metrology for force unit transfer

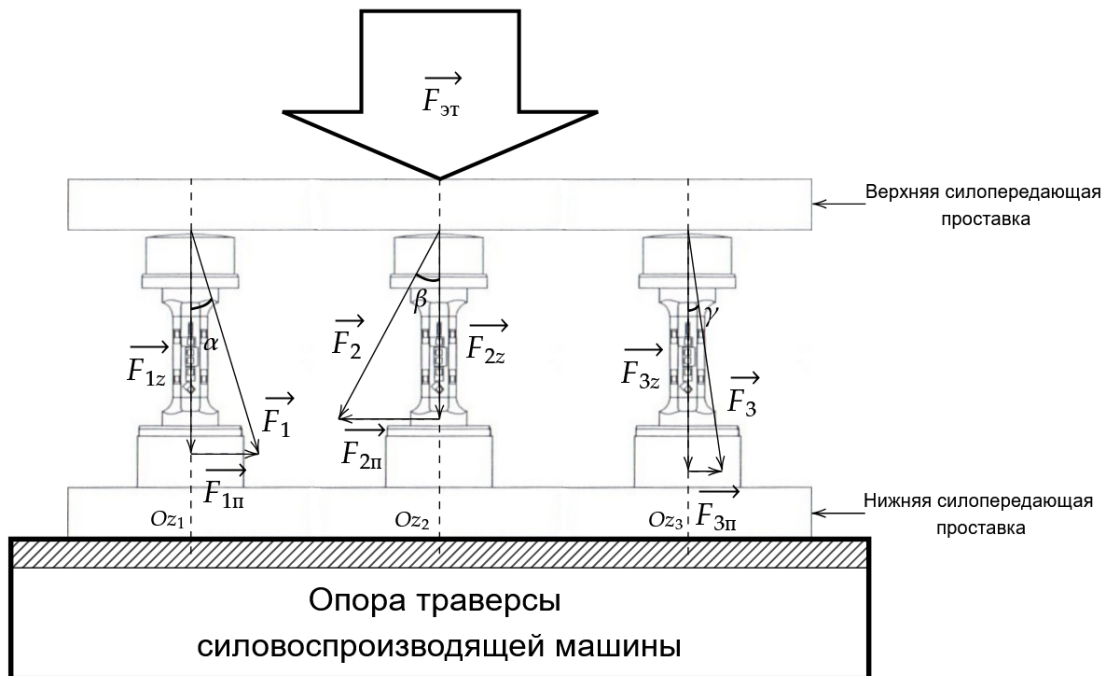


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 2. Схема расположения векторов сил, действующих на динамометры:

$\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ – векторы сил силопередающей проставки; Oz_1, Oz_2, Oz_3 – оси чувствительности динамометров; $\vec{F}_{1п}, \vec{F}_{2п}, \vec{F}_{3п}$ – поперечные составляющие нагрузки; $\vec{F}_{1z}, \vec{F}_{2z}, \vec{F}_{3z}$ – проекция векторов сил

Fig. 2. Schematic diagram of force vector arrangement acting on the dynamometers:

$\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ – force vectors of the force-transmitting spacer; Oz_1, Oz_2, Oz_3 – sensitivity axes of the dynamometers; $\vec{F}_{1п}, \vec{F}_{2п}, \vec{F}_{3п}$ – transverse components of the load; $\vec{F}_{1z}, \vec{F}_{2z}, \vec{F}_{3z}$ – projections of force vectors

$$\left| \vec{F}_{qz} \right| = \left| \vec{F}_q \right| \cdot \cos \varphi, \quad (3)$$

где $\cos \varphi$ – косинус угла φ между вектором \vec{F}_q и осью чувствительности динамометра.

Ввиду того, что векторная сумма сил, действующих на динамометры группы, была неизменна в процессе нагружения группы динамометров, но оставалась равной вектору силы эталонного нагружения группы $\vec{F}_{эт}$ в соответствии с формулой (4), вследствие уменьшения векторов \vec{F}_{1z} , \vec{F}_{2z} , \vec{F}_{3z} была сокращена измеряемая величина силы. Таким образом, явление отклонения векторов сил, действующих на динамометры группы, привело к дополнительной погрешности результата измерений.

$$\begin{cases} \vec{F}_{эт} = \sum_{n=1}^Q \vec{F}_n \\ \vec{F}_{эт} + \Delta_{откл} = \sum_{n=1}^Q \vec{F}_{nz} \end{cases}, \quad (4)$$

где $\Delta_{откл}$ – погрешность результата измерений, связанная с отклонением векторов от оси чувствительности динамометров.

Другим фактором, приводящим к появлению дополнительной погрешности, появление которого является следствием отклонения векторов сил, действующих на динамометры от осей чувствительности динамометров в группе, выявлено отклонение нагрузки на динамометр в группе при проведении измерений от опорного значения нагрузки, на которой производилось определение коэффициента чувствительности c_i динамометра. Такой способ градуировки заключался в определении коэффициента чувствительности каждого динамометра на каждой ступени нагружения, соответствующей ступеням нагружения группы при проведении измерений. Применяют данный способ градуировки:

- для исключения составляющей неопределенности, связанной с интерполяцией;
- для увеличения точности проводимых измерений.

Однако при проведении описанных выше измерений с применением параллельно нагружаемых динамометров нагрузка распределялась между динамометрами неравномерно. Поэтому ступень нагружения, на которой

был получен коэффициент чувствительности динамометра при градуировке, не соответствовал ступени нагружения, приходившейся на динамометр, на соответствующей ступени нагружения группы динамометров. Например, коэффициент чувствительности c_i для 1-го динамометра группы на ступени нагружения 1 МН определен в процессе градуировки как $c_i = 500 \text{ кН/мВ/В}$, что означало: показания индикатора 1-го динамометра на ступени нагружения 1 МН составляют 2 мВ/В. Но в процессе нагружения группы из трех динамометров на ступени нагружения 3 МН индикатора 1-го динамометра показывал значение 1,99 мВ/В, что при переводе в единицы измерения силы с применением коэффициента чувствительности $c_i = 500 \text{ кН/мВ/В}$ составляло 995 кН.

Во ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» проведены экспериментальные исследования с применением группы из трех параллельно нагружаемых динамометров на нескольких ступенях нагружения. На рис. 3 представлена запись показаний трех динамометров (показания каждого динамометра отмечены разными цветами), где наблюдается разность между показаниями, которая значительно превышает погрешность измерений. Максимальная разность между динамометрами одной группы менее 1% от максимальной величины нагружения.

Результаты измерений (рис. 3) в диапазоне от 500 до 5000 кН получены с помощью линейной градуировки. Однако погрешность данного метода велика относительно метода определения коэффициента чувствительности. Поэтому применение метода градуировки с применением коэффициента чувствительности, определенного при градуировке единичного динамометра, требует распространения коэффициента на интервал, соответствующий разнице показаний динамометров в группе.

Таким образом, в соответствии с формулой (1), применяя метод градуировки динамометров, путем определения коэффициента чувствительности c_i , функция преобразования показаний индикатора из мВ/В в $N f_q(I)$ получила вид (рис. 4).

Следует отметить, что одноканальные динамометры при измерении величины силы

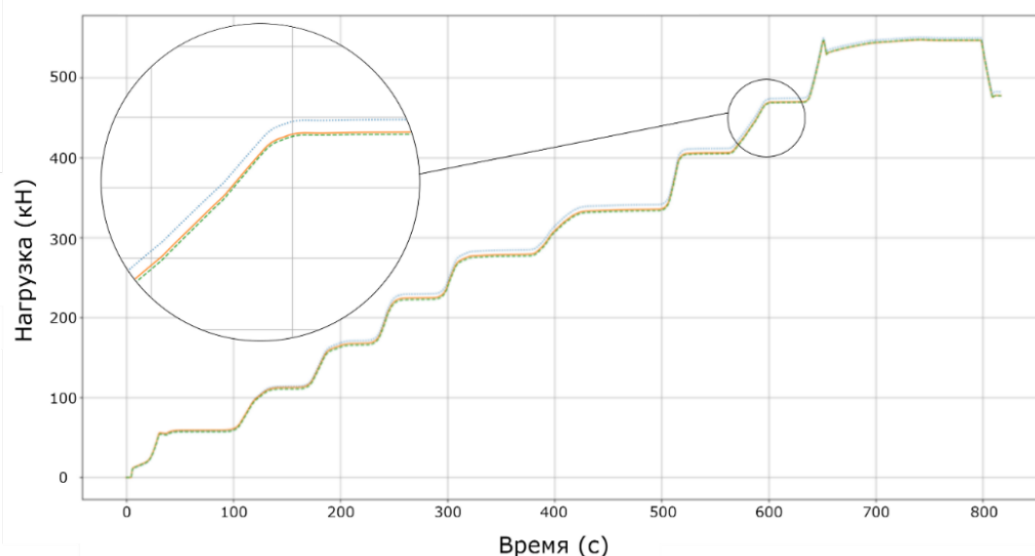


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 3. График показаний группы из трех динамометров: показаниям каждого динамометра соответствует свой цвет

Fig. 3. Graph of readings of a group of three dynamometers: the readings from each dynamometer correspond to its own color

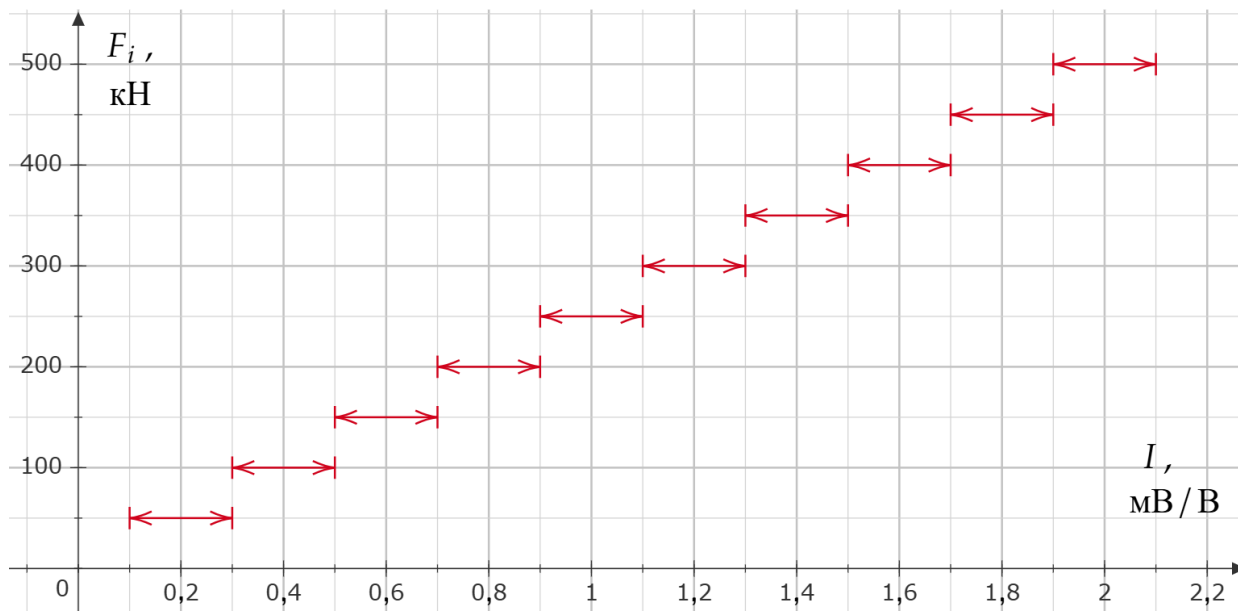


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 4. График функции преобразования: ось абсцисс – показания динамометра; ось ординат – сила нагружения; горизонтальные стрелки – область диапазона распространения коэффициента чувствительности

Fig. 4. Transformation function graph: abscissa axis – dynamometer readings; ordinate axis – loading force; horizontal arrows – the region of the sensitivity coefficient distribution range

производят измерение проекции вектора силы, действующей на динамометр, на ось чувствительности, а дополнительные каналы многоканальных динамометров не градуируют и применяют для проверки правильности установки динамометров в конструкции группы.

Метод градуировки дополнительных каналов динамометров

В рамках данного исследования также разработан метод градуировки дополнительных каналов динамометров. Для этого проведены измерения величины силы, действующей на динамометр в процессе нагружения на эталоне с применением призмы (рис. 5).

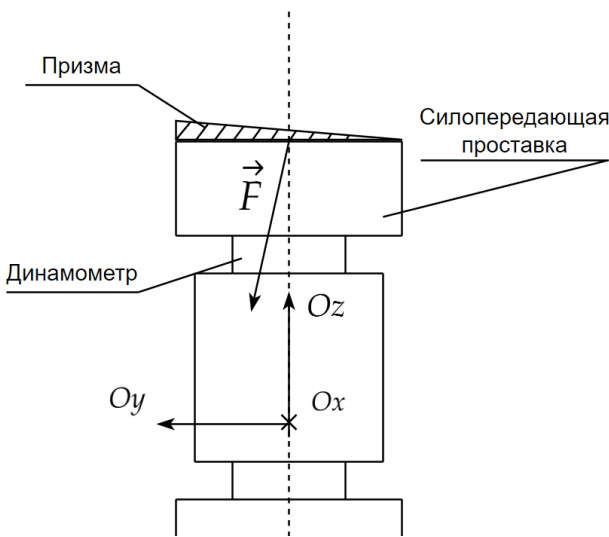


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 5. Схема расположения призмы при нагружении динамометра: F – вектор силового введения; $O_{z(x,y)}$ – оси чувствительности динамометра

Fig. 5. Diagram of the prism arrangement under dynamometer loading: F – force introduction vector; $O_{z(x,y)}$ – dynamometer sensitivity axes

Для компенсации погрешности, связанной с поперечными составляющими нагрузками, разработан метод градуировки дополнительных каналов динамометров. Его физическая сущность заключается в использовании призмы, которая искусственно создает известное отклонение вектора силы, позволяя определить градуировочные характеристики для дополнительных измерительных каналов.

Метод реализован в следующей последовательности.

1. Нагружение без призмы (предварительная градуировка основного канала Z).

Динамометр нагружали без призмы на эталонной силовоспроизводящей установке. Регистрировали показания основного канала \vec{F}_{qz} при последовательном повороте динамометра в положениях $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$. Процедуру повторяли несколько раз. Проводили градуировку основного канала в соответствии с зарегистрированными показаниями известным методом.

2. Нагружение с призмой.

Динамометр устанавливали на эталонную силовоспроизводящую установку с применением призмы. Наклонную плоскость призмы ориентировали коллинеарно оси одного из боковых каналов (например, канал X при положении поворота динамометра 0°). Регистрировали показания всех трех измерительных каналов $\vec{F}_{qz}, \vec{F}_{qx}, \vec{F}_{qy}$ в тех же положениях поворота ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$). Таким образом (рис. 6):

– в положениях 0° и 180° справедливо утверждение, что $F_{qx} \approx 0$;

– в положениях 90° и 270° справедливо утверждение, что $F_{qy} \approx 0$.

3. Определение градуировочных коэффициентов дополнительных каналов:

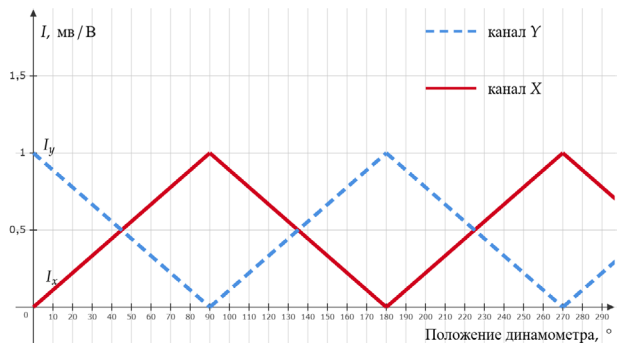


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 6. График показаний боковых каналов

Fig. 6. Graph of lateral channel readings

1) в положениях 0° и 180° поперечная сила направлена вдоль оси Y , что позволило, используя показания основного и боковых каналов, рассчитать коэффициент для канала Y согласно уравнениям (5) и (6).

$$|\vec{F}_q|^2 = |\vec{F}_{qz}|^2 + |\vec{F}_{qx}|^2 + |\vec{F}_{qy}|^2, \quad (5)$$

$$|\vec{F}_{qy}|^2 = |\vec{F}_q|^2 - |\vec{F}_{qz}|^2 - |\vec{F}_{qx}|^2, \quad (6)$$

где $|\vec{F}_{qx}|^2 = 0$;

2) аналогично в положениях 90° и 270° поперечная сила направлена вдоль оси X, что позволило по формуле (7) рассчитать градуировочный коэффициент для канала X:

$$|\vec{F}_{qx}|^2 = |\vec{F}_q|^2 - |\vec{F}_{qz}|^2 - |\vec{F}_{qy}|^2, \quad (7)$$

где $|\vec{F}_{qy}|^2 = 0$.

Результаты и обсуждение

Выводы и итоги исследования

Исследованы факторы, снижающие точность метода совокупных измерений силы при использовании групп параллельно нагружаемых динамометров. В ходе эксперимента с группой из трех динамометров получена серия данных (рис. 3). Установлено: разброс показаний между отдельными динамометрами на каждой ступени нагружения значительно превышает

неопределенность измерений динамометров из состава группы, что указывает на влияние отклонения опорной плоскости от горизонтального положения и различий в жесткости чувствительных элементов динамометров.

Разработанная в исследовании теоретическая модель, основанная на анализе отклонения векторов сил от осей чувствительности динамометров, позволила в количественном выражении оценить влияние данного эффекта на погрешность измерений. Проведена серия нагружений многоканального динамометра на ступени нагружения 150 кН. В ходе обработки показаний динамометра, зарегистрированных по итогам данной серии нагружений, проведен расчет измеренных значений составляющих вектора силы (табл. 1 и 2). Значения боковых компонент вектора силы в рамках данной обработки показаний найдены с применением метода градуировки дополнительных каналов динамометров для призмы с наклоном силопередающей поверхности 0,5°.

Результаты расчета погрешности (табл. 1 и 2):

- отражают влияние отклонения вектора силы величиной 0,5° на погрешность измерений около 0,03 % (-0,026–0,002 %);

- показывают возможность уменьшения погрешности измерений, если применяется метод градуировки дополнительных каналов динамометров при отклонении вектора силы от оси чувствительности динамометра.

Таблица 1. Результаты измерений составляющих вектора силы без применения призмы
Table 1. Measurement results of force vector components without using a prism

Нагрузка, Н $ \vec{F}_{эм} $	Результаты измерений, Н			
	Основной канал $ \vec{F}_z $	Дополнительный канал $ \vec{F}_x $	Дополнительный канал $ \vec{F}_y $	Сумма компонентов $ \vec{F} $
150 000	150 003	1 049	521	150 008

Погрешность результата измерений силы без учета боковых составляющих:

$$\Delta = |\vec{F}_z| - |\vec{F}_{эм}| = 150003 \text{ Н} - 150000 \text{ Н} = 3 \text{ Н}$$

$$\delta_{откл} = 0,002 \%$$

Погрешность результата измерений силы с учетом боковых составляющих:

$$\Delta = |\vec{F}| - |\vec{F}_{эм}| = 150008 \text{ Н} - 150000 \text{ Н} = 8 \text{ Н}$$

$$\delta_{откл} = 0,005 \%$$

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Таблица 2. Результаты измерений составляющих вектора силы с применением призмы
Table 2. Measurement results of force vector components using a prism

Нагрузка, Н $ \vec{F}_{эм} $	Результаты измерений, Н			
	Основной канал $ \vec{F}_z $	Дополнительный канал $ \vec{F}_x $	Дополнительный канал $ \vec{F}_y $	Сумма компонентов $ \vec{F} $
150 000	149 961	43	2 793	149 987

Погрешность результата измерений силы без учета боковых составляющих:

$$\Delta = |\vec{F}_z| - |\vec{F}_{эм}| = 149961 \text{ Н} - 150000 \text{ Н} = -39 \text{ Н}$$

$$\delta_{откл} = -0,026\%$$

Погрешность результата измерений силы с учетом боковых составляющих:

$$\Delta = |\vec{F}| - |\vec{F}_{эм}| = 149987 \text{ Н} - 150000 \text{ Н} = -13 \text{ Н}$$

$$\delta_{откл} = -0,009\%$$

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Согласно разработанной теоретической модели (формулы (2)–(4)), принимая во внимание расчеты (табл. 1 и 2), отклонение опорной плоскости силовоспроизводящей машины от горизонтального положения, а также неодинаковое значения жесткости чувствительных элементов динамометров, влияющих на результат измерений, приводит к уменьшению проекции вектора силы на ось чувствительности динамометра и, как следствие, к занижению результата измерения общей силы по формуле (1).

Обсуждение

Полученные результаты частично согласуются с выводами работы [4], где тоже отмечено влияние вектора приложения нагрузки на показания силоизмерительных устройств. Однако в отличие от [4] в данном исследовании это влияние проанализировано для конфигурации группы динамометров с эффектом взаимного влияния. Обсуждение выявленного эффекта частичной компенсации погрешностей внутри группы представляет значительный интерес ввиду предположения о том, что алгебраическое суммирование разнонаправленных погрешностей отдельных датчиков может быть использовано в будущем для разработки способа коррекции результата измерений, целью которого служит увеличение точности измерений силы в диапазоне свыше 1 МН.

Важным практическим результатом представленной в статье работы является разработка нового метода градуировки дополнительных каналов многоканальных динамометров. Предложенный способ применения призмы (рис. 5) и последующей обработки данных по формулам (6) и (7) позволили получить градуировочные характеристики для каналов, измеряющих поперечные составляющие изучаемого вектора силы. Выводы исследования открывают перспективу не только для контроля правильности установки датчиков, но и для прямого измерения величины боковой нагрузки с последующей компенсацией ее влияния.

Перспективным направлением будущей работы в данной области исследований может быть создание математической модели, использующей данные всех измерительных каналов группы для расчета скорректированного значения приложенной силы, что позволит существенно повысить точность метода в целом.

Заключение

В ходе представленного исследования выполнен анализ ключевых факторов, влияющих на точность метода совокупных измерений силы, и предложены пути для снижения их влияния. Установлено, что даже при использовании запатентованной конструкции [2] невозможно

избежать неравномерного распределения нагрузки и отклонения векторов сил от осей чувствительности, что увеличивает систематическую погрешность.

Основной вывод: доминирующий источник погрешности – уменьшение проекции силы на ось чувствительности динамометра при ее отклонении. Этот вывод подтверждается моделями (формулы (1)–(4)) и экспериментальными данными (рис. 3).

Сравнение выводов представленного исследования с опубликованными данными [4–6] показывает, что выявленные закономерности носят общий характер для силоизмерительных систем, но их проявление и влияние в конфигурации с параллельно нагружаемыми динамометрами имеют свою специфику. Полученные результаты, включая разработанный способ градуировки дополнительных каналов, вносят вклад в развитие метрологического обеспечения измерений величин силы в диапазоне свыше 1 МН и открывают пути для дальнейшего повышения точности метода совокупных измерений.

Благодарности: Авторы выражают благодарность ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» за предоставление технической базы для проведения экспериментов.

Acknowledgments: The authors would like to express their gratitude to the D. I. Mendeleev Institute for Metrology for providing the technical facilities for conducting the experiments.

Вклад авторов: Сычев В. В. – разработка методологии исследования, создание модели исследования; проведение экспериментального процесса (в частности, проведение экспериментов, обработка данных); применение математических методов для анализа и обобщения данных; создание визуальных материалов работы; написание первоначального текста рукописи, ее пересмотр. Шмигельский И. Ю. – руководство планированием и выполнением исследовательской деятельности, включая наставничество.

Contribution of the authors: Sychev V. V. – development of research methodology, creation of

the research model; conducting the experimental process (including performing experiments, data processing); application of mathematical methods for data analysis and synthesis; creation of visual materials for the work; writing the original draft of the manuscript, its revision. Shmigelskiy I. Yu. – supervision of the planning and execution of the research activities, mentoring.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи. Работа выполнена в рамках диссертационного исследования младшего научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» В. В. Сычева «Метрологическое обеспечение методики передачи единицы силы рабочим эталонам методом совокупных измерений». Научный руководитель: Шмигельский И. Ю., канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Conflict of interest: The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the publication of this article. The work was carried out within the framework of the dissertation research of V. V. Sychev, Junior Researcher of the Mass and Force Laboratory of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, titled «Metrological Assurance of the Procedure for Transferring the Unit of Force to Working Standards by the Method of Combined Measurements». Scientific supervisor: Shmigelskiy I. Yu., Cand. Sci. (Eng.), Head of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шмигельский И. Ю. Эталоны силы до 1 МН и выше // Эталоны. Стандартные образцы. 2024. Т. 20, № 3. С. 5–12. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2024-20-3-5-12>
2. Устройство для передачи размера единицы силы, воспроизводимой эталонной силовоспроизводящей установкой: пат. 121570 РФ; заявл. 05.07.2012; опубл. 27.10.12, Бюл. № 30.
3. Сычев В. В., Шмигельский И. Ю. Факторы, влияющие на результат измерений силы при проведении измерений методом совокупных измерений // За нами будущее : тезисы докладов III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов и тексты работ участников пилотного Международного конкурса «Лучший молодой метролог МГС СНГ» 2024 года, 11–14 июня 2024 г. / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) [и др.]. Санкт-Петербург: ООО «Типография Литас+», 2024. С. 432–433.
4. Коллер А. А., Каленицкий А. И., Черепанов В. Я. Методы определения зависимости показаний силоизмерительных устройств от вектора приложения нагрузки // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012 : сб. мат. Международной научной конференции «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии», Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г. / Сибирский государственный университет геосистем и технологий [и др.]. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 144–148.
5. Kleckers T., Schaefer A. Force calibration with build up systems // EPJ Web of Conferences. 18th International Congress of Metrology. 2017. Вып. 14009. URL: <https://doi.org/10.1051/metrology/201714009> (дата обращения: 29.10.2025).
6. Abdulhakim M., Hassan S. R., Tegtmeier F. Practical investigation for the concept of a serial-type build-up force measurement system // ACTA IMEKO. 2020. Т. 9, № 5. С. 143–149. https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v9i5.957

REFERENCES

1. Shmigelskiy IY. Force measurement standards up to 1 MN and above. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2024;20(3):5–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2024-20-3-5-12>
2. Ostrivnoy AF, Senyansky MV, Derevyanko AS, Khanov YuA. Device for transfer of the size of the power unit reproduced by the reference standard power player. *Patent RF*, no. 121570, 2012. (In Russ.).
3. Sychev VV, Shmigelskiy IYu. Factors affecting the result of force measurements using the cumulative measurement method. In: *Za nami budushhee: Abstracts of the III international scientific and practical conference of young scientists and specialists and texts of the works of the participants of the pilot international competition «Luchshij molodoj metrolog MGS SNG» 2024*, 11–14 June 2024, Saint Petersburg, Russia. Saint Petersburg: ООО «Типографиya Литас+»; 2024. P. 432–433. (In Russ.).
4. Koller AA, Kalenitskiy AI, Cherepanov VYa. Methods for determining the dependence of force measuring devices' readings on the load vector. In: *Intere'kspo GEO-Sibir'-2012: collection of materials of the International Scientific Conference «Specializirovannoe priborostroenie, metrologiya, teplofizika, mikrotexnika, nanotexnologii»*, 10–20 April 2012, Novosibirsk, Russia. Novosibirsk: Siberian State University of Geosystems and Technologies; 2012. P. 144–148. (In Russ.).
5. Kleckers T, Schaefer A. Force calibration with build up systems. *EPJ Web of Conferences. 18th International Congress of Metrology*. 2017;14009. Available at: <https://doi.org/10.1051/metrology/201714009> [Accessed 29 October 2025].
6. Abdulhakim M, Hassan SR, Tegtmeier F. Practical investigation for the concept of a serial-type build-up force measurement system. *ACTA IMEKO*. 2020;9(5):143–149. https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v9i5.957

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сычев Владимир Владимирович – младший научный сотрудник научно-исследовательский лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: v.v.sychev@vniim.ru

Шмигельский Илья Юрьевич – канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательский лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы, ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: i.y.shmigelskiy@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5076-5126>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Sychev – Junior Researcher of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: v.v.sychev@vniim.ru

Ilya Yu. Shmigelskiy – Cand. Sci. (Eng.), Head of the Mass and Force Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: i.y.shmigelskiy@vniim.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5076-5126>

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Научная статья


УДК 621.317.7.089.6

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-94-104>



Моделирование процесса функционирования средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений с целью метрологического обеспечения неизвлекаемых средств измерений*

Р. А. Тетерук  

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия
 r.a.teteruk@vniim.ru

Аннотация: Метрологическое обеспечение средств измерений, периодическая поверка и калибровка которых затруднены или невозможны (так называемых неизвлекаемых средств измерений), ограничено первичной поверкой до ввода в эксплуатацию. С развитием современного приборостроения такие средства измерений становятся все более востребованными, в особенности – на опасных производственных объектах.

Однако отсутствует методология контроля точности измерений, проводимых при помощи неизвлекаемых средств измерений. Как следствие, отсутствуют и механизмы прогнозирования технического состояния и метрологического отказа таких средств измерений.

Цель работы – ревизия современных подходов к оценке метрологических характеристик неизвлекаемых средств измерений и построение на их основе функциональной модели процесса функционирования средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений, позволяющей спрогнозировать метрологический отказ и повысить достоверность результатов измерений.

Автор провел анализ ключевых нормативных документов. Методическим материалом послужили МИ 3676–2023 «ГСИ. Рекомендации по определению интервалов между поверками средств измерений. Основные положения»; ГОСТ Р 8.673–2009 «ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения»; ГОСТ Р 8.734–2011 «ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля».

В итоге построена обобщенная модель функционирования средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений.

Полученные результаты позволяют провести моделирование процесса функционирования разрабатываемых средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений с целью определения необходимых параметров проектирования и значений нормированных метрологических характеристик.

* Публикация подготовлена на основе доклада, представленного на Международной научно-технической конференции «Механометрика 2025. Механические измерения и испытания», которая прошла 1–3 июля 2025 года во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева. Статья была принята к публикации после доработки рукописи и прохождения процедуры рецензирования.

Статья ориентирована на практическое применение разработчиками, испытателями и конечными потребителями средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений.

Ключевые слова: средство измерений, неизвлекаемые средства измерений, метрологические характеристики средств измерений, достоверность результатов измерений, точность измерений, мониторинг точности, моделирование средств измерений, моделирование процессов, метрологическое обеспечение

Для цитирования: Тетерук Р. А. Моделирование процесса функционирования средств измерений со встроенной функцией мониторинга точности измерений с целью метрологического обеспечения неизвлекаемых средств измерений // Эталон. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 94–104. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-94-104>

Статья поступила в редакцию 21.11.2025; одобрена после рецензирования 01.02.2026; принята к публикации 25.03.2026.


MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Research Article

Modeling the Operation Process of Measuring Instruments with a Built-In Measurement Accuracy Monitoring Function for the Purpose of Metrological Assurance of Non-Removable Measuring Instruments

Roman A. Teteruk  

D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia

 r.a.teteruk@vniim.ru

Abstract: Metrological assurance of measuring instruments for which periodic verification and calibration are difficult or impossible (so-called non-removable measuring instruments) is limited to initial verification prior to commissioning. With the development of modern instrumentation, such measuring instruments are becoming increasingly in demand, particularly at hazardous production facilities. However, there is no methodology for monitoring the accuracy of measurements performed using non-removable measuring instruments. As a consequence, there are also no mechanisms for predicting the technical condition and metrological failure of such measuring instruments. The aim of this work is to review modern approaches to evaluating the metrological characteristics of non-removable measuring instruments and, based on them, to construct a functional model of the operation process of measuring instruments with a built-in measurement accuracy monitoring function. This model will make it possible to predict metrological failure and improve the reliability of measurement results. The author analyzed key regulatory documents. The methodological materials included MI 3676–2023 “State System for Ensuring the Uniformity of Measurements. Recommendations for determining calibration

intervals for measuring instruments. Basic provisions”; GOST R8.673–2009 “State System for Ensuring the Uniformity of Measurements. Intelligent sensors and intelligent measuring systems. Basic terms and definitions”; GOST R8.734–2011 “State System for Ensuring the Uniformity of Measurements. Intelligent sensors and intelligent measuring systems. Methods of metrological self-checking”.

As a result, a generalized model of the operation of measuring instruments with a built-in measurement accuracy monitoring function has been constructed.

The obtained results make it possible to simulate the operation process of developed measuring instruments with a built-in measurement accuracy monitoring function in order to determine the necessary design parameters and the values of normalized metrological characteristics.

The article is intended for practical application by developers, testers, and end users of measuring instruments with a built-in measurement accuracy monitoring function.

Keywords: measuring instrument, non-removable measuring instruments, metrological characteristics of measuring instruments, reliability of measurement results, measurement accuracy, accuracy monitoring, modeling of measuring instruments, process modeling, metrological assurance

For citation: Teteruk RA. Modeling the operation process of measuring instruments with a built-in measurement accuracy monitoring function for the purpose of metrological assurance of non-removable measuring instruments. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):94–104. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-94-104>

The article was submitted 21.11.2025; approved after reviewing 01.02.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Обеспечение метрологической надежности средств измерений (СИ) остается перво-степенной задачей системы метрологического обеспечения [1, 2]. Один из аспектов данного направления деятельности – метрологическое обеспечение СИ, периодическая поверка или калибровка которых затруднена или невозможна. В качестве примера можно привести датчики давления и температуры, устанавливаемые в скважинное оборудование, датчики для мониторинга толщины трубопроводов, средства измерений на кораблях, подводных лодках, метеорологические СИ, эксплуатируемые в труднодоступных районах, СИ в атомных реакторах, на космических кораблях и тому подобное. Кроме того, на многих производствах необходимость технического обслуживания СИ, используемых в технологическом процессе, может привести к существенным убыткам из-за необходимости остановки производства для проведения поверки или калибровки СИ.

В связи с этим для некоторых типов СИ испытательные центры при утверждении типа рекомендуют устанавливать только первичную поверку до ввода в эксплуатацию. Фактически

это означает, что во время всего остального жизненного цикла СИ метрологически не обеспечено, достоверные сведения о его фактической точности измерений у эксплуатирующих лиц отсутствуют.

Цель данного исследования – найти подходы к устранению несоответствия существующей системы метрологического обеспечения требованиям промышленности путем разработки модели функционирования СИ с встроенной функцией мониторинга точности измерений. Такой результат позволит получить теоретическую основу мониторинга точности измерений и, как следствие, повысить достоверность измерений неизвлекаемых СИ.

В соответствии с целью предстоит:

- проанализировать комплекс нормативных документов, публикаций в области метрологической надежности СИ;
- проанализировать состояние метрологического обеспечения СИ, для которых периодическая поверка и калибровка затруднены или невозможны;
- рассмотреть и проанализировать средства и объекты измерений как систему;
- описать основы физико-математического моделирования функционирования СИ

с встроенной функцией мониторинга точности измерений (ВФМТИ);

– построить модель процесса функционирования СИ с ВФМТИ, применимую для решения различных задач метрологической надежности, в том числе – для определения интервалов между поверками или калибровками СИ с ВФМТИ.

Материалы и методы

Анализ нормативной базы и публикаций

Одно из решений проблемы предложено в МИ 3676-2023¹ [3]. Для неизвлекаемых СИ предлагается нормировать погрешность в зависимости от времени эксплуатации. Однако для определения вида этой зависимости требуются достаточно длительные и дорогостоящие испытания. Кроме того, такое решение по-прежнему не позволяет определять, исправно СИ в текущий момент времени или нет.

В работах [4, 5] и нормативных документах^{2,3} сформулирована концепция метрологического самоконтроля. В рамках этой концепции разработана классификация СИ с метрологическим самоконтролем, сформулирован ряд определений. Однако научно-методический аппарат разработки, испытаний и эксплуатации таких СИ не приведен. Кроме того, метрологический самоконтроль подразумевает некий контроль метрологической исправности самого СИ, но не позволяет получить данные о точности проводимых измерений.

Таким образом, можно сделать вывод, что достоверность измерительной информации, получаемой от СИ, периодическая поверка или калибровка которого невозможна, зачастую является недостаточной. Особенно эта проблема актуальна для опасных производственных объектов.

Более того, даже периодическая поверка или калибровка СИ не гарантирует его исправность в течение интервала между поверками или

калибровками, поскольку метрологический отказ может наступить в любой момент на интервале между поверками или калибровками.

Необходимо отметить, что в последние два десятилетия в результате развития технологий современное приборостроение обрело следующие особенности [6–10]:

– значительный рост возможностей автоматизации СИ и обмена информацией с потребителем измерительных данных;

– значительный рост вычислительных возможностей и средств моделирования позволяет разрабатывать и эксплуатировать цифровые двойники для значительной номенклатуры типов СИ;

– ввиду глобальной информатизации (сети Интернет) и широкого использования встроенного программного обеспечения появилась возможность проведения удаленной диагностики (поверки, калибровки);

– современные производственные технологии (использование сложного обрабатываемого оборудования и аддитивных технологий) позволяют реализовать сложные механические системы в конструктивно едином исполнении.

Таким образом, возможности современных СИ в плане автоматизации и информатизации неуклонно растут. Потенциально это позволяет реализовать в самом СИ функции мониторинга точности измерений. В данном случае под мониторингом точности измерений будем понимать процесс наблюдения за результатами измерений, оценивание показателей точности этих измерений с целью принятия управляющих решений (о корректировке показаний СИ, ремонте и других). Такие измерительные системы и оборудование незаменимы в скважинах, реакторах, на кораблях, подводных лодках и так далее, где к ним затруднен или невозможен доступ для проведения технического обслуживания.

Однако при этом должны быть соблюдены следующие требования.

1. Должна быть обеспечена прослеживаемость измерений к государственным первичным эталонам.

2. Средства мониторинга точности измерений должны обладать свойством инвариантности, то есть их свойства должны не зависеть или слабо зависеть от времени.

¹ МИ 3676-2023 ГСИ. Рекомендации по определению интервалов между поверками средств измерений. Основные положения.

² ГОСТ Р 8.673–2009 ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения.

³ ГОСТ Р 8.734–2011 ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля.

3. Методика мониторинга точности измерений должна быть опробована в процессе эксперимента.

СИ с ВФМТИ позволяет:

- получать оперативную информацию о текущих показателях точности измерений;
- корректировать показания СИ в соответствии с данными мониторинга;
- проводить дистанционную поверку СИ (под дистанционной поверкой будем понимать поверку СИ, в процессе которой поверитель не присутствует непосредственно рядом с поверяемым СИ, а находится на значительном удалении);
- реализовать концепцию цифрового двойника;
- использовать СИ в качестве эталона в измерительной системе для поверки, калибровки и градуировки рабочих СИ в данной измерительной системе.

Реализация функции мониторинга точности измерений может быть различной в зависимости от многих параметров: вида и способа измерений, конструкции СИ, наличия дополнительной диагностической информации, возможности оказания тестовых воздействий и др. Одним из способов мониторинга точности измерений является контроль с помощью тестовых воздействий и сравнения измеренных результатов воздействия с некоторыми опорными значениями, определенными в ходе испытаний или рассчитанными исходя из известных зависимостей. По аналогии с терминами, приведенными в РМГ 76–2014⁴, результаты таких воздействий будем называть контрольными измерениями.

Вместе с тем, научно-методическое обеспечение для проектирования, создания, проведения испытаний в целях утверждения типа и эксплуатации таких СИ практически отсутствует. Хотя очевидно, что на всех стадиях жизненного цикла такие СИ существенно отличаются от обычных СИ.

Основная метрологическая задача – определение текущих значений показателей точности измерений на основе исходной информации (значений параметров случайных внешних

и тестовых воздействий, измерительной информации, описания внутренних процессов и др.). То есть необходимо создать некую модель процесса функционирования СИ. Однако определить показатели точности измерений не всегда достаточно, – как правило, необходимо определить еще и текущие метрологические характеристики СИ. Соответственно, необходима также модель, которая позволяет преобразовывать выходные данные из функциональной модели в текущие метрологические характеристики СИ. Если нормируемой метрологической характеристикой является погрешность, то необходимо иметь модель погрешности СИ с ВФМТИ.

Модель измерений СИ с ВФМТИ отличается возможностью определения значений показателей точности измерений путем сравнения значений откликов датчика на тестовые воздействия с опорными (определенными при выпуске из производства).

Особенности СИ с ВФМТИ:

- наличие конструктивных возможностей осуществлять тестовые воздействия на СИ;
- встроенная возможность определения значений параметров отклика СИ на тестовые воздействия;
- СИ позволяет для мониторинга показателей точности измерений применять не зависящие или слабо зависящие от времени тестовые воздействия;
- наличие зависимости показателей точности СИ от значений параметров отклика СИ на тестовые воздействия;
- необходимо проводить исследования при испытаниях в целях утверждения типа, направленные на подтверждение применимости методик мониторинга точности измерений;
- номенклатура нормируемых показателей точности может быть шире, чем для аналогичного СИ без функции мониторинга точности измерений;
- эксплуатация СИ с ВФМТИ требует наличия дополнительных технических средств и более высокой квалификации обслуживающего персонала.

Основным отличием функциональной модели СИ с ВФМТИ является наличие зависимостей откликов СИ на тестовые воздействия. Причем, в случае автоматического

⁴ РМГ 76-2014 ГСИ. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа.

мониторинга точности такие воздействия может осуществлять само СИ. В связи с этим для СИ с ВФМТИ необходимо разрабатывать также модель контрольных измерений.

Методология исследования

Рассмотрим СИ и объекты измерений как систему, имеющую некоторый набор параметров на выходе, подверженную внешним случайным воздействиям и управляющим воздействиям оператора. В общем виде модель функционирования такой системы может быть представлена в виде функции

$$Z(t) = F(t, U(t), X(t), Y(t), \varphi(t), \psi(t)), \quad (1)$$

где t – момент времени; $U(t)$ – вектор воздействий, сознательно оказываемых на СИ; $X(t)$ – вектор собственных параметров СИ или параметров происходящих в нем процессов; $Y(t)$ – вектор истинных значений измеряемых величин; $\psi(t)$ – вектор внешних воздействий; $\varphi(t)$ – вектор условий окружающей среды; $Z(t)$ – вектор выходных параметров СИ; $F(t)$ – оператор преобразования.

Опишем подробнее компоненты формулы (1).

Под t подразумевается момент времени, в который происходит воздействие, измерение или наблюдение, при этом $t \in [t_0; T_{\text{ср}}]$, где t_0 – момент окончания стадии изготовления⁵; $T_{\text{ср}}$ – средний ресурс СИ. При этом на интервале $[t_0; T_{\text{ср}}]$ есть множество моментов времени, характерных для каких-либо событий, происходящих с СИ. Например, моментов отказов, проверок, калибровок, тестовых воздействий и др.

$U(t)$ описывает все воздействия, которые намеренно оказываются на СИ (действия оператора, воздействия автоматизированной управляющей системы и др.). В общем случае это могут быть любые воздействия, цель которых – получение некоего отклика от СИ. Например, градуировка (настройка) или тестовые процедуры.

$X(t)$ – вектор параметров, который описывает все или наиболее важные внутренние процессы, происходящие в СИ. Определение набора этих параметров и законов их изменения и является основной задачей моделирования СИ

или, в частном случае, задачей создания цифровых двойников СИ.

Вектор $\psi(t)$ описывает воздействия, которые происходят независимо от СИ. Как правило, эти воздействия имеют случайный характер. Причем, они могут привести к различным последствиям. В худшем случае – к возникновению метрологического отказа СИ сразу в момент воздействия. В случае кумулятивного характера процесса накопления повреждений отказ может наступить через какой-то период или при совокупности различных воздействий.

Вектор условий окружающей среды (t) содержит данные о параметрах окружающей среды. Набор параметров может быть различным: температура, атмосферное давление, влажность, запыленность и др.

Вектор $Y(t)$ в идеальном случае представляет собой вектор истинных значений измеряемых величин, однако в реальности он содержит ряд данных либо неизвестных, либо измеренных с помощью некоего внешнего эталона.

Вектор Z выходных параметров СИ содержит значения измеряемых величин, служебную информацию, индицируемую самим СИ, и др. Этот вектор можно рассматривать как реакцию на случайные и намеренные воздействия, а также на подаваемые на вход СИ истинные значения измеряемых величин.

$F(t)$ – в общем случае неизвестный оператор преобразования, зависящий от времени; Этот параметр в каждый момент времени t ставит набору параметров $U(t), X(t), Y(t), \psi(t), \varphi(t)$ в соответствие вектор выходных параметров $Z(t)$.

Стоит считать такую систему многомерной. В общем случае она может быть нестационарной или стационарной, нелинейной или линейной. Моделирование линейных стационарных систем достаточно полно описано в [11]. Моделирование нелинейных нестационарных систем является более сложной задачей, однако методы решения таких задач также известны [11].

Если предположить, что входные сигналы влияют на процессы старения и износа внутри СИ, то описываемая система является причинно-обусловленной, поскольку значение выходного сигнала в произвольный момент времени зависит от значений входного сигнала в более ранние моменты времени до текущего момента включительно [11].

⁵ ГОСТ 15.000–2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.

Чаще всего значения всех перечисленных векторов неизвестны. В лучшем случае можно определить лишь усеченные вектора. И тем более практически всегда неизвестен оператор $F(t)$. Однако при решении задач, связанных с определением характеристик СИ, чаще всего требуется использовать не весь набор указанных векторов, а часть из них. Так, при калибровке для расчета неопределенности измерений достаточно полного или усеченного вектора выходных параметров $Z(t)$, а именно значения измеренных величин, а также вектор или усеченный вектор $Y(t)$. Кроме того, в процессе калибровки также используется вектор $\varphi(t)$.

Естественно предположить, что текущее техническое состояние СИ полностью определяется вектором его параметров $X(t)$. А зная зависимости $U(t)$ и $\psi(t)$, можно также решать и задачу прогнозирования его технического состояния и, как следствие, прогнозирования метрологического отказа.

В графическом представлении модель процесса функционирования СИ представлена на рис. 1.

Классификация моделей анализа СИ

При решении задачи прогнозирования метрологической исправности СИ набор исходных данных может достаточно сильно варьироваться в зависимости от различных факторов. Поэтому невозможно ограничиться какой-либо одной моделью для анализа этих данных.

В связи с этим можно разделить модели анализа данных на следующие классы.

Аналитические модели. Аналитическая модель СИ может быть построена, если известен механизм внутренних взаимодействий элементов СИ. Такие модели строятся, как правило, только с участием разработчиков СИ, поскольку для корректного моделирования необходимы сведения не только о принципе действия СИ, но и о конструкции и применяемых материалах. Применение этих моделей целесообразно на всех стадиях жизненного цикла СИ от проектирования до вывода из эксплуатации. Они являются наиболее сложными, но и позволяют обеспечить наибольшую достоверность прогнозирования метрологической исправности.

Статистические модели данных об условиях эксплуатации. Такие модели можно получить на основе экспериментальных данных, полученных с внешних регистрирующих устройств (например, с регистратора параметров окружающей среды), а также с помощью встроенных в СИ средств контроля (например, встроенного в многофункциональный калибратор журнала регистрации параметров сети питания). Статистические модели данных об условиях эксплуатации можно в дальнейшем использовать для прогнозирования значений параметров условий эксплуатации. Такие модели могут использоваться в период эксплуатации и хранения СИ. Они наиболее актуальны при

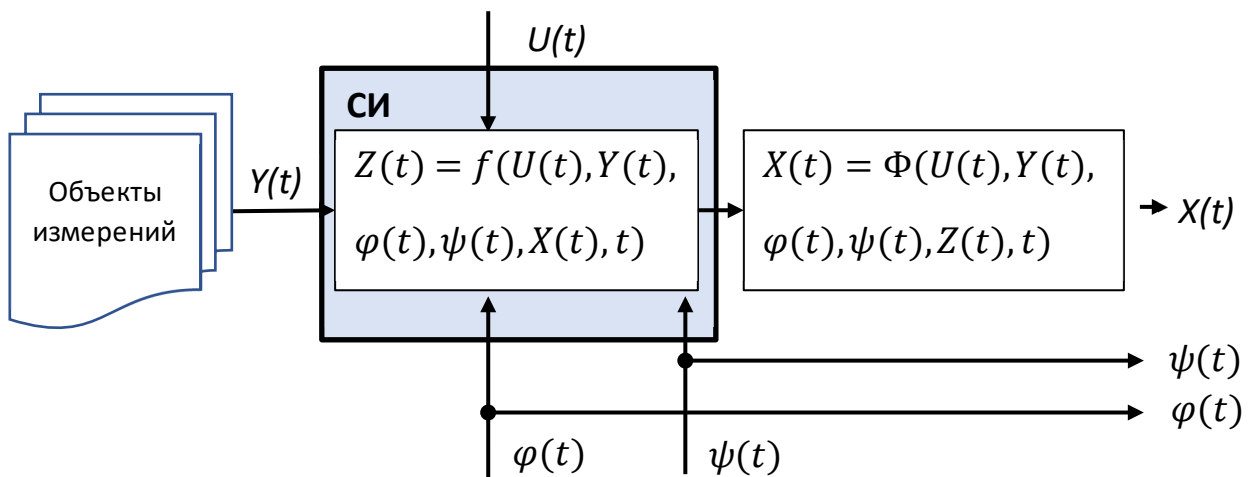


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 1. Система «СИ – объекты измерений»

Fig. 1. The “Measuring instrument – measurements objects” system

прогнозировании метрологической исправности эталонов, поскольку эталоны, как правило, наиболее чувствительны к изменениям параметров окружающей среды.

Статистические модели связи условий эксплуатации и значений параметров СИ. Такие модели в том или ином виде описывает модель $X(t) = \phi(\psi(t))$. Могут быть использованы регрессионные, корреляционные модели, модели на основе условных вероятностей, байесовского подхода и др. Эти модели могут быть построены при наличии достаточно репрезентативной выборки данных результатов наблюдения за условиями эксплуатации и техническим состоянием СИ или эталона. По этой причине они предпочтительны при прогнозировании метрологической исправности эталонов, поскольку для СИ такой набор исходных данных, как правило, не доступен.

Статистические модели связи выходных сигналов $Z(t)$ и параметров СИ $X(t)$ могут быть разработаны в результате анализа данных, полученных в ходе испытаний СИ. При этом наиболее предпочтительными являются испытания до метрологического отказа. В дальнейшем модель может использоваться в процессе эксплуатации СИ для прогнозирования метрологической исправности.

Логические модели. Логические модели могут быть использованы, например, когда тестовые сигналы предназначены для определения значений какого-либо параметра технического состояния СИ, принимающего значения из бинарного множества.

Простейший случай – представление о СИ как о «черном ящике». $X(t)$, как правило, неизвестен. Набор исходных данных: истинные значения измеряемых величин, набор выходных сигналов, значения управляющих воздействий (возможно), условия окружающей среды.

При решении задачи прогнозирования технического состояния СИ наибольшее значение имеет прогнозирование метрологического отказа. Формально эта задача может быть отнесена к классу оптимизационных задач и сформулирована следующим образом: найти такое максимальное значение времени функционирования СИ (время до метрологического отказа):

$$t_{MO} = \operatorname{arg\,max} f(X(t), U(t), \varphi(t), \psi(t)), \quad (2)$$

при котором соблюдаются ограничения:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &< \Delta_1^{\text{don}} \\ \Delta_2 &< \Delta_2^{\text{don}}, \quad (3) \\ \Delta_N &< \Delta_N^{\text{don}} \end{aligned}$$

где Δ_i – i -й показатель точности измерений; Δ_i^{don} – заданное предельное значение i -го показателя точности; N – количество показателей точности измерений, $i \in [1; N]$.

Обозначим Y_{uzm} – вектор измеренных значений величин, который является подмножеством компонент вектора Z . Тогда выражение

$$Y_{uzm} = F(t, X, Y, \varphi, \psi) \quad (4)$$

является моделью измерений СИ.

В то же время очевидно, что значения всех векторов в процессе эксплуатации СИ могут меняться, поэтому корректно будет записать формулу (4) в следующем виде:

$$Y_{uzm}(t) = F(t, X(t), Y(t), \varphi(t), \psi(t)). \quad (5)$$

На рис. 2 изображена функциональная модель СИ при проведении контрольных измерений.

Поскольку модель контрольных измерений обязательно включает в себя тестовые воздействия, запишем:

$$Y_{KII}(t) = F(t, U(t), X(t), Y(t), \varphi(t), \psi(t)), \quad (6)$$

где $Y_{KII}(t)$ – вектор измеренных значений величин при контрольном измерении, который является подмножеством компонент вектора $Z(t)$.

Запишем уравнение для показателя точности контрольных измерений. Когда предполагается, что используется один и тот же измерительный преобразователь, точность контрольных измерений связана с точностью измерений и вектором измеренных значений. Кроме того, поскольку контрольные измерения чаще всего проводятся не одновременно с основными измерениями, а периодически, то ввиду непрерывного случайно дрейфа метрологических характеристик СИ для связи между точностью измерений и контрольных измерений необходимо учитывать время, когда эти измерения проводятся. Таким образом:

$$\Delta_{KII}(t) = f(Y_{uzm}(t), \Delta_{uzm}(t), t). \quad (7)$$

Очевидно, что обратным преобразованием формулы (7) можно получить выражение

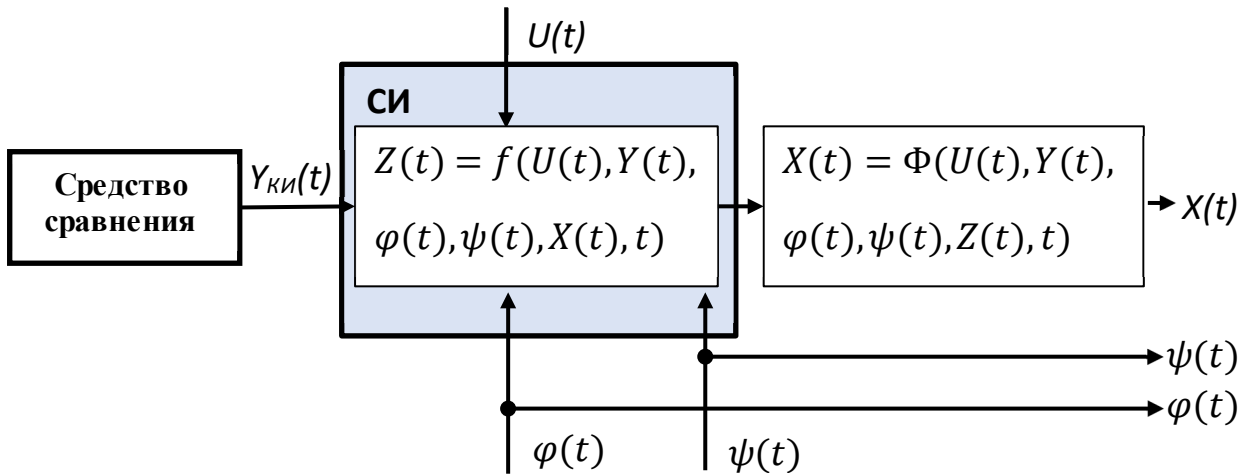


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 2. Система «СИ – средство сравнения»

Fig. 2. The “Measuring instrument – comparison tool” system

для показателя точности измерений, оцененного по результатам контрольных измерений:

$$\Delta_{изм}(t) = g(Y_{изм}(T), \Delta_{КИ}(t), t). \quad (8)$$

Формула (8) показывает, что существует принципиальная возможность оценить фактические значения показателей точности СИ на основе оценки показателей точности контрольных измерений.

Кроме того, применяя к формулам (5) и (6) подход, описанный в ГОСТ 34100.3–2017⁶, также можно получить неопределенности измерений и неопределенности контрольных измерений. При этом необходимо учитывать, что коэффициенты чувствительности в выражениях для оценки неопределенности являются заданными или оцениваются экспериментально.

Результаты и обсуждение

В качестве модельного примера возможно применения формул (5)–(8) рассмотрим датчик давления с функцией мониторинга показателей точности. Предположим, что в качестве инварианта используется некоторое воздействие, выражающееся в повышении давления на известное значение P_U^0 , которое является постоянным во времени. Также введем предел погрешности контрольных измерений Δ_{lim} .

⁶ ГОСТ 34100.3–2017 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.

Тогда (3) вырождается в критерий исправности $\Delta_{КИ} < \Delta_{lim}$.

Далее вектор воздействий принимает вид $U(t) = P_U^0$.

Модель измерений (5) принимает вид $Y_{изм}(t) = P_{изм}(t)$.

Вектор параметров окружающей среды $\varphi(t) = [T_{окр}(t); h_{окр}(t); P_{атм}(t)]$.

Значения вектора $X(t)$ неизвестны, поскольку встроенных средств диагностики данные датчики не имеют. Значения вектора $\psi(t)$ также неизвестны, поскольку датчики, как правило, эксплуатируют в условиях, при которых случайные воздействия не регистрируются.

Предположим, что модель дрейфа метрологических характеристик рассматриваемых датчиков линейная вида $\Delta_{изм}(t) = A + Bt$, при этом существует возможность корректировки нуля непосредственно перед контрольными измерениями. A и B – коэффициенты, которые в общем случае неизвестны, но могут быть определены экспериментальным путем. Таким образом, погрешность датчика в момент контрольных измерений может быть представлена в виде $\Delta_{изм}(t) = Bt$.

Запишем уравнение (6) для указанных исходных данных:

$$Y_{КИ}(t) = F(t, P_U, P_U^0, \varphi(t)).$$

В процессе измерения сначала измеряется текущее давление в измерительной системе P_0 ,

затем, после повышения давления и паузы в несколько минут, измеряется значение давления P_1 . Измеренное значение разницы давлений P_U в этом случае рассчитывается следующим образом:

$$P_U = P_1 - P_0.$$

Подставим эти выражения в формулу (7) и получим выражение для оценки погрешности контрольных измерений (абсолютной погрешности измерения P_U):

$$\Delta_{КИ}(t) = f(P_U, P_U^0 - P_U, t).$$

Если допустить, что контрольные измерения происходят, когда дрейф метрологических характеристик пренебрежимо мал, условия окружающей среды не меняются, погрешность измерений давления не зависит от измеряемого значения давления, то

$$\Delta_{КИ} = P_U - P_U^0.$$

Если выполняется условие $|\Delta_{КИ}| < \Delta_{lim}$, можно сделать вывод о метрологической исправности датчика давления.

Необходимо отметить, что приведенный пример является наиболее простым случаем, который практически не встречается в реальности. Моделирование функционирования реальных СИ значительно сложнее, поскольку, как правило, необходимо учитывать множество разнородной информации. Кроме того, многие параметры и коэффициенты таких моделей могут быть получены только экспериментальным путем.

Заключение

В ходе исследований проведен анализ актуальных нормативных документов, публикаций в области метрологической надежности СИ. Сделан вывод об актуальности проблемы оценивания метрологической надежности СИ в процессе эксплуатации.

Проанализировано текущее состояние метрологического обеспечения измерений в случае, когда периодическая поверка и калибровка СИ затруднена или невозможна. Сделан

вывод об отсутствии такого метрологического обеспечения.

Описаны основы моделирования функционирования СИ с ВФМТИ. Показано, что на основе функциональной модели СИ могут быть разработаны:

- а) модель измерений;
- б) модель контрольных измерений;
- в) выражение для расчета показателей точности измерений и контрольных измерений.

Сделан вывод об однозначной зависимости показателей точности измерений от показателей точности контрольных измерений, что позволяет использовать этот подход при разработке, производстве, испытаниях и эксплуатации СИ с ВФМТИ.

Кроме того, описанная модель в силу общности может быть применима для решения различных задач метрологической надежности, в том числе – определения интервалов между поверками или калибровками.

Вклад автора: Автор подтверждает единичную ответственность за следующее: сбор данных, анализ и интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Contribution of the author: The author confirms sole responsibility for the following: data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interests: The author declares no conflicts of interest relevant to this manuscript.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тетерук Р. А. Современное состояние научно-методического обеспечения определения интервалов между поверками. Часть 1 // Законодательная и прикладная метрология. 2024. № 1 (187). С. 31–38.
2. Тетерук Р. А. Современное состояние научно-методического обеспечения определения интервалов между поверками. Часть 2 // Законодательная и прикладная метрология. 2024. № 2 (188). С. 22–29.
3. Пути совершенствования системы нормативно-методического обеспечения определения интервалов между поверками / А. И. Анцукова [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. 2023. № 6 (186). С. 12–17.
4. Тайманов Р. Е., Сапожникова К. В. Метрологический самоконтроль датчиков // Датчики и системы. 2011. № 2 (141). С. 58–66.
5. Сапожникова К. В., Тайманов Р. Е., Кочугуров В. В. Метрологический самоконтроль как компонент диагностики гибких производственных систем и робототехнических комплексов // Испытания, контроль и диагностирование гибких производственных систем. М. : Наука, 1988. С. 269–273.
6. Воронина В. Н. Современное российское приборостроение и проблемы государственной экономической политики // Бизнес в законе. 2012. № 6. С. 178–182.
7. Воронина В. Н. Принципы рыночной экономики и структурные изменения в российском приборостроении // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2012. Т. 3, № 4 (12). С. 88–91.
8. Ядова Н. Е., Осико С. М. Современные цифровые технологии в приборостроении: влияние на проектирование, производство и эксплуатацию ракетной техники // Вектор экономики. 2021. № 11. С. 20.
9. Корепанов Е. Н. Научное приборостроение в зеркале времени // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 4. С. 2555–2564. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119673>
10. Петриченко И. А. Основные направления развития приборостроения // Главный механик. 2024. № 12.
11. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя : Пер. с англ. / Под ред. Я. З. Цыпкина. М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. 432 с.

REFERENCES

1. Teteruk RA. Current state of scientific and methodological support for determining the intervals between verifications. Part 1. *Legal and Applied Metrology*. 2024;1(187):31–38. (In Russ.).
2. Teteruk RA. Current state of scientific and methodological support for determining the intervals between verifications. Part 2. *Legal and Applied Metrology*. 2024;2(188):22–29. (In Russ.).
3. Ancukova AI, Medvedevskih SV, Pimenova AA, Teteruk RA, Firsanov NA. Ways to improve the system of regulatory and methodological support for determining intervals between verifications. *Legal and Applied Metrology*. 2023;6(186):12–17. (In Russ.).
4. Taymanov RYe, Sapozhnikova KV. Metrological self-check of sensors. *Sensors & Systems*. 2011;2(141):58–66. (In Russ.).
5. Sapozhnikova KV, Taymanov RE, Kochugurov VV. Metrological self-control as a component of diagnostics for flexible production systems and robotic complexes. In: *Testing, monitoring, and diagnostics of flexible production systems*. Moscow: Nauka; 1988. P. 269–273. (In Russ.).
6. Voronina VN. Modern russian instrument making industry and problems of government economic politics. *Business in Law*. 2012;6:178–182. (In Russ.).
7. Voronina VN. Principles of market economy and structural changes in the russian instrument. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2012;3(4(12)):88–91. (In Russ.).
8. Yadova NE, Osiko SM. Modern digital technologies in instrument making: influence on design engineering, production and operation of rocketry. *Vector Economy*. 2021;11:20. (In Russ.).
9. Korepanov EN. Scientific instrumentation in the mirror of time. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*. 2023;13(4):2555–2564. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119673>
10. Petrichenko IA. Main directions of instrument engineering development. *Glavnyj mekhanik*. 2024;12. (In Russ.).
11. Lyung L. System identification. Theory for the user. Prentice-Hall. Inc.; 1987. (Russ. ed.: L'yunг L. Identifikaciya sistem. Teoriya dlya pol'zovatelya. Moscow: Nauka; 1991. 432 p.). (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Тетерук Роман Анатольевич – канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательского отдела госэталонов в области измерений давления ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: r.a.teteruk@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8057-5220>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Roman A. Teteruk – Cand. Sci. (Engin.), Head of the Research Department of State Measurement Standards in the field of pressure measurements, D. I. Mendeleev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: r.a.teteruk@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8057-5220>

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Обзорная статья

УДК 006.067:533.27::546.293:543.544.7.082/.083

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-105-119>



Возможности аргонового разрядного детектора для анализа примесей в аргоне высокой чистоты с целью внедрения в метрологическую практику путем оснащения ими хроматографов

Л. А. Конопелько¹ ✉, М. В. Окрепилов¹ , С. В. Завьялов² ✉, В. А. Чуев²

¹ ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия
✉ l.a.konopelko@vniim.ru

² ООО «МОНИТОРИНГ», г. Санкт-Петербург, Россия
✉ zsv@ooo-monitoring.ru

Аннотация: Массовое применение аргона в промышленности, микроэлектронике, медицине, метрологическом оборудовании и других производственных сферах предопределяет повышенные требования к идентификации в аргоне высокой чистоты примесей посторонних газов. Для определения содержания примесей в газообразном аргоне используют разные приборы и методы измерений – в зависимости от ожидаемого содержания примесей.

Однако перечень оборудования для определения примесей в чистом аргоне объемн, а сама процедура – длительная и трудоемкая.

Цель представленного в статье исследования – изучить возможности аргонового разрядного детектора для анализа примесей в аргоне высокой чистоты с перспективой его интеграции в метрологическую практику посредством оснащения хроматографов.

Авторы составили обзор физико-химических характеристик производимого в Российской Федерации аргона в соответствии с ТУ 2114-010-05015259-2015 «Аргон газообразный особой чистоты (сжатый)», ТУ 20.11.11-006-45905715-2017 «Аргон газообразный чистый и высокой чистоты», ГОСТ 10157–2016 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия», ТУ 6-21-12-94 «Аргон высокой чистоты. Технические условия». На основании перечисленных документов рассмотрели основные методы анализа примесей в чистом аргоне: колориметрические, кулонометрические, электрохимические, хроматографические. Привели описание конструктивных особенностей разрядного ионизационного детектора (DID) и его модификации, аргонового ионизационного детектора (АИД). Оценили принцип действия аргонового детектора, реализующего метод зависимости электрических параметров высоковольтного высокочастотного резонансного колебательного контура от параметров емкостно-связанной с ним плазмы чистого аргона.

В итоге установлены преимущества оснащения хроматографов аргоновым разрядным детектором, принцип действия которого основан на зависимости электрических параметров высоковольтного высокочастотного резонансного колебательного контура от параметров емкостно-связанной с ним плазмы чистого аргона. К преимуществам такого детектора отнесены повышение достоверности показаний, простота конструкции, снижение трудозатрат на проведение анализа.

Выводы исследования показали, что оснащенный подобным детектором хроматограф может быть внедрен в метрологическую практику для измерения примесей в сверхчистом аргоне. Представляется перспективным его интеграция в комплекс установок для воспроизведения единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в исходных чистых газах и веществах в составе Государственного первичного эталон единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019.

Ключевые слова: аргон, аргоновый детектор, хроматограф, газовая хроматография, детекторы хроматографа, анализ примесей, метрологический анализ, чистый газ

Принятые сокращения: АИД – аргоновый ионизационный детектор; АД – аргоновый разрядный детектор; ГИД – гелиево-ионизационный детектор; ДТП – детектор по теплопроводности; ПИД – пламенно-ионизационный детектор; ТУ – технические условия; DID – Discharge Ionization Detector; HFADD – High Frequency Argon Discharge Detector; LDR – Light Dependent Resistor.


Для цитирования: Возможности аргонового разрядного детектора для анализа примесей в аргоне высокой чистоты с целью внедрения в метрологическую практику путем оснащения ими хроматографов / Л. А Конопелько [и др.] // Эталон. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 1. С. 105–119. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-105-119>

Статья поступила в редакцию 22.01.2026; одобрена после рецензирования 26.02.2026; принята к публикации 25.03.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Review Article

Capabilities of an Argon Discharge Detector for the Analysis of Impurities in High-Purity Argon for the Purpose of Implementation into Metrological Practice by Equipping Chromatographs

Leonid A. Konopelko¹ ✉, Mikhail V. Okrepilov¹ , Sergey V. Zavyalov² ✉, Vladimir A. Chuev²

¹D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia
✉ l.a.konopelko@vniim.ru

²MONITORING LLC, St. Petersburg, Russia
✉ zsv@ooo-monitoring.ru

Abstract: The widespread use of argon in industry, microelectronics, medicine, metrological equipment, and other industrial sectors predetermines increased requirements for the identification of foreign gas impurities in high-purity argon. Various measuring instruments and methods are used to determine the impurity content in gaseous argon, depending on the expected impurity content.

However, the range of equipment for determining impurities in pure argon is extensive, and the procedure is lengthy and labor-intensive.

The aim of the research is to study the capabilities of an argon discharge detector for the analysis of impurities in high-purity argon, with a view to its integration into metrological practice by equipping chromatographs with them.

The authors compiled a review of the physicochemical characteristics of argon produced in the Russian Federation in accordance with TU2114-010-05015259-2015 “High-Purity Gaseous Argon (Compressed)”, TU20.11.11-006-45905715-2017 “Pure and High-Purity Gaseous Argon”, GOST 10157–2016 “Gaseous and Liquid Argon. Specifications”, and TU6-21-12-94 “High-Purity Argon. Specifications”. Based on these documents, the main methods for analyzing impurities in pure argon were considered: colorimetric, coulometric, electrochemical, and chromatographic methods. A description of the design features of the discharge ionization detector (DID) and its modification, the argon ionization detector (AID), was provided. The operating principle of the argon detector was evaluated; this detector implements a method based on the dependence of the electrical parameters of a high-voltage high-frequency resonant oscillatory circuit on the parameters of the capacitively coupled pure argon plasma.

As a result, the advantages of equipping chromatographs with an argon discharge detector have been established. Its operating principle is based on the dependence of the electrical parameters of a high-voltage, high-frequency resonant oscillatory circuit on the parameters of the capacitively coupled pure argon plasma. The advantages of such a detector include increased reliability of readings, simplicity of design, and reduced labor costs for analysis.

The conclusions of the study showed that a chromatograph equipped with such a detector can be integrated into metrological practice for measuring impurities in ultra-pure argon. Its integration into the complex of installations for reproducing the measurement units of mole fraction, mass fraction, and mass concentration of components in initial pure gases and substances, which is part of the State Primary Standard of units of molar part, mass part and mass concentration of components in gas and gas condensate environs GET 154–2019, appears promising.

Keywords: argon, argon detector, chromatograph, gas chromatography, chromatograph detectors, impurity analysis, metrological analysis, pure gas

Abbreviations used: AID – Argon Ionization Detector; ADD – Argon Discharge Detector; IID – Helium Ionization Detector; TCD – Thermal Conductivity Detector; FID – Flame Ionization Detector; TU – Technical Specifications; DID – Discharge Ionization Detector; HFADD – High Frequency Argon Discharge Detector; LDR – Light Dependent Resistor.

For citation: Konopelko LA, Okrepilov MV, Zavyalov SV, Chuev VA. Capabilities of an argon discharge detector for the analysis of impurities in high-purity argon for the purpose of implementation into metrological practice by equipping chromatographs. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(1):105–119. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-1-105-119>

The article was submitted 22.01.2026; approved after reviewing 26.02.2026; accepted for publication 25.03.2026.

Введение

Развитие рынка аргона в Российской Федерации обусловлено увеличением спроса на данный газ со стороны различных отраслей экономики [1, 2]. В 2024 г. отечественная промышленность произвела 169,2 млн куб. метров аргона¹. Рост производства аргона предо-

пределен внедрением новых технологий и повышением энергетической эффективности производственных процессов.

Наилучшие результаты приносит использование аргона с минимальным содержанием примесей, способных негативно повлиять

¹ Анализ рынка аргона в России: текущая ситуация и прогнозы на 2026–2030 годы / Alto Consulting Group (ACG). URL: <https://alto-group.ru/>

[otchet/rossija/602-rynok-argona-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2016-2020-gg.html](https://alto-group.ru/otchet/rossija/602-rynok-argona-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2016-2020-gg.html): <https://alto-group.ru/otchet/rossija/602-rynok-argona-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2016-2020-gg.html> (дата обращения: 22.01.2026).

на эффективность его использования в технологических процессах, привести к браку продукции. Например, в металлургических процессах наличие в аргоне кислорода может снизить характеристики пластичности и прочности металлов, примесь азота увеличивает загрязненность металлов нитридными включениями, повышает склонность некоторых сталей к старению [3]. В микроэлектронной промышленности аргон участвует в создании инертной среды для выращивания кремниевых прутков-подложек: примеси кислорода и азота приводят к снижению качества продукта из-за побочных реакций с кремнием [4].

Контроль качества аргона заключается в идентификации и измерении содержания отдельных примесей. В Российской Федерации выпускается аргон разных марок, ключевые физико-химические характеристики (общая чистота, содержание примесей) которых установлены следующими документами: ГОСТ 10157–2016, ТУ 2114-010-05015259-2015, ТУ 20.11.11-006-45905715-2017, ТУ 6-21-12-94². Назначение перечисленных документов – установление требований к качеству аргона высокой чистоты в соответствии с областью его применения, в том числе за счет нормирования методов анализа [5]. Таким образом, специфика использования аргона определяет строгие требования к его чистоте. Основные примеси в аргоне – азот (N_2) и кислород (O_2). В меньшем количестве – водород (H_2), двуокись углерода (CO_2), окись углерода (CO), метан (CH_4), вода (H_2O).

В зависимости от ожидаемого содержания примесей в газообразном аргоне используют колориметрические, кулонометрические, электрохимические, хроматографические методы измерений.

Для реализации указанных методов применяют широкий перечень оборудования. Обязательное метрологическое обеспечение данного оборудования производится, в том числе, с применением стандартных образцов состава газовых смесей, изготовленных на основе

² ТУ 2114-010-05015259-2015 «Аргон газообразный особой чистоты (сжатый)». ТУ 20.11.11-006-45905715-2017 «Аргон газообразный чистый и высокой чистоты». ГОСТ 10157–2016 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия». ТУ 6-21-12-94 «Аргон высокой чистоты. Технические условия».

аргона: ГСО 12329–2023, ГСО 12330–2023, ГСО 12331–2023³. Одним из наиболее распространенных способов определения содержания примесей в газообразном аргоне является анализ аргона методами газовой хроматографии [6] с применением хроматографов, оснащенных различными типами детекторов и колонок с сорбентами, на которых происходит разделение примесей. Высокая чувствительность такого метода позволяет обнаруживать даже низкие содержания примесей в аргоне. Широко востребованы детекторы [7–9]:

- детектор по теплопроводности (ДТП);
- гелиево-ионизационный детектор (ГИД);
- пламенно-ионизационный детектор (ПИД)

+ метанатор.

Актуальной исследовательской задачей становится поиск подходов к повышению точности методик и средств идентификации в газообразном аргоне примесей газов. Можно предположить, что повышение точностных параметров аргонового разрядного детектора, предназначенного для анализа примесей в аргоне высокой чистоты, будет способствовать повышению метрологических характеристик посредством оснащения хроматографов усовершенствованными детекторами данного типа.

Цель описанного в статье исследования – изучить возможности аргонового разрядного детектора для анализа примесей в аргоне высокой чистоты с целью внедрения в метрологическую практику путем оснащения ими хроматографов.

С указанной целью планируется:

- провести анализ физико-химических параметров примесей в аргоне на основании нормативной технической документации;
- обобщить и описать методы измерений содержания примесей в аргоне;
- обобщить и описать некоторые зарубежные и отечественные аргоновые разрядные ионизационные детекторы;

³ ГСО 12329–2023 Стандартный образец состава искусственной газовой смеси на основе постоянных и инертных газов (ПИ-М-0). ГСО 12330–2023 Стандартный образец состава искусственной газовой смеси на основе постоянных и инертных газов (ПИ-М-1). ГСО 12331–2023 Стандартный образец состава искусственной газовой смеси на основе постоянных и инертных газов (ПИ-М-2).

– охарактеризовать принцип действия и преимущества аргонового разрядного ионизационного детектора для определения примесей в аргоне по ГОСТ 10157–2016;

– сделать выводы о возможности оснащения газовых хроматографов аргоновым разрядным детектором.

Материалы и методы

Исследование проведено в несколько этапов.

1. Анализ физико-химических характеристик присутствующих в аргоне примесей на основании нормативной технической документации: ТУ 2114-010-05015259-2015, ТУ 20.11.11-006-45905715-2017, ГОСТ 10157–2016 и ТУ 6-21-12-94.

2. Анализ методик измерения содержания примесей в аргоне, регламентированных ГОСТ 10157–2016, ТУ 6-21-12-94 и международным стандартом SEMI C3.46–93.

3. Обзор конструктивных особенностей и принципа действия аргоновых разрядных ионизационных детекторов, выпускаемых зарубежными фирмами, и двух их российских аналогов.

4. Моделирование условий анализа примесей в газообразном аргоне высокой чистоты проведено с помощью специализированного

испытательного стенда, спроектированного и созданного для обеспечения точности и воспроизводимости результатов измерений. Серия измерений проведена с применением стандартных образцов состава газовых смесей ГСО 10532–2014⁴, представляющих собой искусственные газовые смеси из следующих компонентов:

– водорода, кислорода, азота, метана в аргоне с содержанием 1, 2, 3, 4, 6 ppm об.;

– оксида углерода и диоксида углерода в аргоне с содержанием 1 ppm об.

Метрологические характеристики аргонового разрядного детектора оценивались по следующим критериям чувствительность, стабильность, точность сигнала.

Результаты и обсуждение

Физико-химические характеристики аргона

В Российской Федерации производится аргон высокой чистоты разных марок с содержанием объемной доли аргона от 99,987 до 99,9999%. Обобщим в табл. 1–4 характеристики некоторых марок аргона.

⁴ ГСО 10532–2014 Стандартный образец состава искусственной газовой смеси на основе инертных и постоянных газов (ИП-М-2).

Таблица 1. Физико-химические характеристики аргона по ТУ 2114-010-05015259-2015

Table 1. Physical and chemical characteristics of argon according to TU 2114-010-05015259-2015

Показатель	Норма для марок		
	6,0	5,5	5,0
Марка	6,0	5,5	5,0
Объемная доля аргона, %, не менее	99,9999	99,9995	99,999
Объемная доля кислорода, %, не более	0,00003	0,0001	0,0002
Объемная доля азота, %, не более	0,000045	0,0001	0,0005
Объемная доля диоксида углерода, %, не более	0,00001	0,0001	0,0001
Объемная доля метана, %, не более	0,000005	0,00005	0,00005
Объемная доля оксида углерода, %, не более	0,000005	0,0001	0,0001
Объемная доля водорода, %, не более	0,000005	0,00005	0,00005
Объемная доля водяных паров, %, не более, что соответствует температуре насыщения аргона водяными парами при давлении 101,3 кПа, °С	0,00005 –80	0,0001 –76	0,0003 –69

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Таблица 2. Физико-химические характеристики аргона по ТУ 20.11.11-006-45905715-2017
 Table 2. Physical and chemical characteristics of argon according to TU 20.11.11-006-45905715-2017

Показатель	Норма по ТУ	
	Объемная доля аргона, %, не менее	99,999 5
Объемная доля кислорода, %, не более	0,000 15	0,000 03
Объемная доля азота, %, не более	0,000 2	0,000 03
Объемная доля двуокиси углерода, %, не более	0,000 02	0,000 01
Объемная доля метана, %, не более	0,000 02	0,000 01
Объемная доля водорода, %, не более	0,000 08	0,000 02
Объемная доля водяного пара, %, не более, что соответствует температуре насыщения аргона водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), °С, не выше	0,000 3	0,000 2
	-69	-71

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Таблица 3. Физико-химические характеристики аргона по ГОСТ 10157–2016
 Table 3. Physical and chemical characteristics of argon according to GOST 10157–2016

Показатель	Норма	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, %, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, %, не более	0,000 7	0,002
Объемная доля азота, %, не более	0,005	0,01
Объемная доля водяных паров, %, не более, что соответствует температуре насыщения аргона водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), °С, не выше	0,000 9–61	0,001–58
Объемная доля суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на CO ₂ , %, не более	0,000 5	0,001

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Выводы к разделу. Анализ данных из табл. 1–4 показывает, что основными примесями в аргоне являются азот (N₂), кислород (O₂). В меньшем количестве – водород (H₂), двуокись углерода (CO₂), окись углерода (CO), метан (CH₄), вода (H₂O). Главной задачей при анализе аргона высокой чистоты является определение содержания этих примесей.

Методология измерений содержания примесей в аргоне

Содержание примесей в газообразном аргоне определяют разными методами измерений в зависимости от ожидаемого содержания

примесей. Рассмотрим основные регламентированные документами подходы.

ГОСТ 10157–2016. Объемную долю аргона X% вычисляют по формуле

$$X = 100 - (X_1 + X_2 + X_3 + X_4), \quad (1)$$

где X₁ – объемная доля кислорода, %; X₂ – объемная доля азота, %; X₃ – объемная доля водяных паров, %; X₄ – объемная доля суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на CO₂, %.

Объемную долю кислорода измеряют колориметрическим способом либо многошкальными приборами с гальванической ячейкой с твердым электролитом.

Таблица 4. Физико-химические характеристики аргона ТУ 6-21-12-94

Table 4. Physical and chemical characteristics of argon according to TU6-21-12-94

Показатель	Норма
	Жидкий и газообразный
Объемная доля аргона, %, не менее	99,998
Объемная доля кислорода, %, не более	0,000 2
Объемная доля азота, %, не более	0,001
Объемная доля водяных паров, %, не более	0,000 3
Объемная доля двуокиси углерода, %, не более	0,000 02
Объемная доля метана, %, не более	0,000 1
Объемная доля водорода, %, не более	0,000 2

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Объемную долю азота определяют с помощью спектральных газоанализаторов различных типов («Свет» и др.) с относительной погрешностью не выше 15 %.

Объемную долю водяных паров измеряют с помощью кулонометрических влагомеров.

Объемную долю суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на CO_2 измеряют методом с начальным сжиганием в печи в присутствии катализатора углеродсодержащих примесей, с дальнейшей десорбцией полученного при этом CO_2 и его титрованием.

Объемные доли кислорода и суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на CO_2 допустимо определять газоадсорбционным хроматографическим методом с применением хроматографа с высокочувствительным аргоновым разрядным детектором с пороговой чувствительностью не выше 0,5 ppm по каждой определяемой примеси.

ТУ 6-21-12-94. На аргон высокой чистоты марки 99,998 % нормируется шесть примесей (табл. 4). Объемную долю аргона $X\%$ вычисляют по формуле

$$X = 100 - (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6), \quad (2)$$

где X_1 – объемная доля кислорода, %; X_2 – объемная доля азота, %; X_3 – объемная доля водяных паров, %; X_4 – объемная доля двуокиси углерода, %; X_5 – объемная доля метана, %; X_6 – объемная доля водорода, %.

Примеси кислорода, азота и паров воды регламентируется определять теми же методами, что в ГОСТ 10157–2016. Допустимо использование: хроматографических методов – для определения двуокиси углерода и метана; многошкальных приборов с гальванической ячейкой с твердым электролитом – для определения содержания водорода.

Измерение объемной доли водорода основано на реакции взаимодействия его с кислородом в реакторе при высокой температуре в присутствии катализатора и последующем измерении кулонометрическим чувствительным элементом количества образовавшейся в результате реакции влаги и определении остаточного количества водорода с помощью твердоэлектролитного чувствительного элемента.

Один из наиболее распространенных методов – анализ аргона методом газовой хроматографии с применением хроматографов, оснащенных различными типами детекторов и колонок с сорбентами, на которых происходит разделение примесей.

Определение содержания в аргоне примесей водорода, кислорода, азота проводят с применением ДТП с аргоном в качестве газа-носителя (предел детектирования от 0,000 1 до 0,001 % в зависимости от чувствительности к компоненту). ГИД с гелием в качестве газа-носителя позволяет определять примеси в диапазоне от 0,000 05 %, но на нем не определить примесь

кислорода. Для определения оксида углерода, диоксида углерода, метана, суммы углеводородов применяют ПИД с метанатором: чувствительность такого детектора позволяет определять примеси на уровне от 0,000 005 до 0,000 01 %.

Стандарт SEMI C3.46–93⁵. Регламентирует параметры чистого аргона для применения в микроэлектронном производстве. Для аргона чистотой 99,999 2 % предлагается использование следующих приборов и методов определения примесей:

- оксида, диоксида углерода: газовый хроматограф с детектором ПИД + метанатор (предел детектирования 0,000 01 %);

- водорода, азота: газовый хроматограф с гелиево-ионизационным детектором (предел детектирования 0,000 05 %);

- кислорода: потоковый электрохимический газоанализатор (предел детектирования 0,000 01 %);

- суммы углеводородов в пересчете на метан: пламенно-ионизационный детектор непрерывного действия, оснащенный общим анализатором углеводородов (предел детектирования 0,000 01 %);

- паров воды: пьезоэлектрический гигрометр (предел детектирования 0,000 01 % или температура насыщения водяными парами –90 °С).

Выводы к разделу. Определение примесей в чистом аргоне является длительным и трудоемким процессом. Не все перечисленные выше методы позволяют определить содержание примесей в аргоне высокой чистоты на необходимом уровне. Например:

- применение ДТП для анализа примеси водорода, кислорода, азота не позволяет анализировать аргон марок выше 5,0 из-за недостаточной чувствительности к компонентам;

- анализ примесей в аргоне марок 5,5 и 6,0 требует применения специально подобранного комплекта высокоточного оборудования.

Поэтому исследования содержания примесей в каждом баллоне с чистым аргоном по отдельности требует существенного времени, чем

⁵ SEMI C3.46–93 Standard for argon (Ar), bulk liquid, 99.9992 % quality.

и обоснован запрос на исследование возможностей устранения избыточных затрат.

Новым подходом, снижающим количество используемых приборов, трудовые и временные затраты на проведения анализа аргона, может стать применение детектора с иным принципом детектирования, обеспечивающим требуемую чувствительность, высокое быстродействие и универсальность.

Обзор аргоновых детекторов

Discharge Ionization Detector (DID)⁶.

Принцип работы основан на приложении высокого напряжения к двум разрядным электродам, расположенным в газонаполненной разрядной камере. Обычно газом может быть гелий или аргон, из которого фотоны газа испускаются с характерным уровнем энергии. Этот газ «тлеющего разряда» направляется в ионизационную камеру, в которую также направляется газ пробы (содержащий компонент(–ы) неизвестного вещества) из газового хроматографа. Внутри ионизационной камеры находятся два электрода – отрицательно заряженный эмиттерный и положительно заряженный коллекторный. Газ тлеющего разряда, проходящий из разрядной камеры в ионизационную камеру, смешивается с пробным газом и взаимодействует с ним, вызывая генерацию электронов в ионизационной камере. Эти электроны отталкиваются электродом-эмиттером и притягиваются электродом-коллектором, вызывая протекание тока между этими электродами. Величина этого тока может быть использована для определения состава неизвестного вещества. Первоначальная конфигурация детектора имела ряд недостатков: например, металлические разрядные электроды находились в непосредственном контакте с продуваемым аргоном и при высоковольтном разряде частицы металла расплывались в поток. В доработанном детекторе плазма поддерживалась в кварцевом объеме с внешними электродами. Затем был создан высокочастотный детектор аргонового разряда (HFADD), в котором проходящий через детектор газ подвергается воздействию

⁶ Discharge ionization detector US4975648, Publication 04.12.1990. Патент на изделие получили в 1989 году американские разработчики, основатели фирмы Gow Mac Александр Э. Лоусон и Роберт Дж. Матъе.

сильного электромагнитного поля, которое заставляет газ резонировать. Результирующая яркость контролируется светозависимым резистором (LDR). По мере того, как компонент образца вымывается из колонки, интенсивность света изменяется неаргоновыми компонентами. Выходной сигнал LDR преобразуется в сигнал мВ и измеряется выходным устройством.

Ряд фирм создали и внедрили в производство модификации DID, таким образом был осуществлен переход от непосредственных измерений тока к измерениям тока фотоприемника (фотодиода, фоторезистора), а также к спектральному методу с оптическим фильтром.

Свои варианты аргоновых разрядных детекторов выпускают фирмы Orthodyne (Бельгия)⁷, AGC Instruments (Ирландия)⁸, Servomex Group Ltd. (Великобритания)⁹, VICI Valco (Канада)¹⁰. В России аргоновые разрядные ионизационные детекторы серийно не выпускаются. Известна информация о двух отечественных оригинальных разработках.

Аргоновый ионизационный детектор (АИД) предложен Конструкторско-технологическим институтом научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) в 2000 году. Состоит из ионизационной и реакционной камер. В ионизационной камере находится источник ионизации (β -источник или газоразрядный ионизатор). Посредством потока поддувочного газа и/или постоянного электрического поля, создаваемого с помощью дополнительного электрода, активный агент (метастабильные возбужденные частицы и/или электроны) транспортируются в камеру реакций. Там, в области ввода анализируемого газа, расположен

высоковольтный электрод (анод). В камере реакций в присутствии электрического поля высокой напряженности происходит взаимодействие анализируемой газовой смеси и активных частиц из ионизационной камеры, которое приводит к ионизации микропримеси. Ионный ток измеряется с помощью измерительного электрода (катода) и является откликом детектора [10].

Детектор применялся в полевом портативном хроматографе «Эхо-EW-мод. 2». Такой детектор имеет много общего с детектором DID. Конструкции этих детекторов достаточно сложны, а наличие двух камер (разрядной и ионизационной) избыточно.

Газоаналитический емкостно-плазменный аргоновый резонансный детектор «ГЕПАРД» разработан ООО «СЕНСОР» совместно с ООО «МОНИТОРИНГ». Принцип действия основан на зависимости электрических параметров высоковольтного высокочастотного резонансного колебательного контура от параметров емкостно-связанной с ним плазмы чистого аргона (рис. 1). Наличие в аргоне примесей приводит к расстройке, т. е. отклонению частоты от основного резонанса колебательного контура и, соответственно, к изменению его параметров, в частности – к изменению тока в колебательном контуре [11].

Исследование газоаналитического емкостно-плазменного аргонового резонансного детектора

В свете поставленной для данного исследования задачи – выработать подход, позволяющий снизить количество приборов, трудовые и временные затраты на проведения анализа аргона, сформулирована гипотеза: возможно ли применение детектора с иным принципом детектирования, обеспечивающим требуемую чувствительность, высокое быстродействие и универсальность.

В качестве испытуемого выбран детектор, принцип действия которого основан на зависимости электрических параметров высоковольтного высокочастотного резонансного колебательного контура от параметров емкостно-связанной с ним плазмы чистого аргона

Для проведения исследований метрологических характеристик газоаналитического

⁷ Orthodyne Gas Chromatography. URL: <https://www.orthodyne.be/wp-content/uploads/2017/02/did-argon-gas-chromatograph-brochure.pdf> (дата обращения: 22.01.2026).

⁸ AGC Instruments Ltd. URL: <https://agc-instruments.com/wp-content/uploads/2015/09/AGC-NovaCHROM-2000-GC-Brochure-1.pdf> (дата обращения: 22.01.2026).

⁹ SERVOMEX. URL: <https://www.servomex.com/resources/checkout/?resource=servopro-plasma-analyzer-brochure> (дата обращения: 22.01.2026).

¹⁰ Valco Instruments Co. Inc. URL: <https://www.vici.com/support/manuals/d4.pdf> (дата обращения: 22.01.2026).

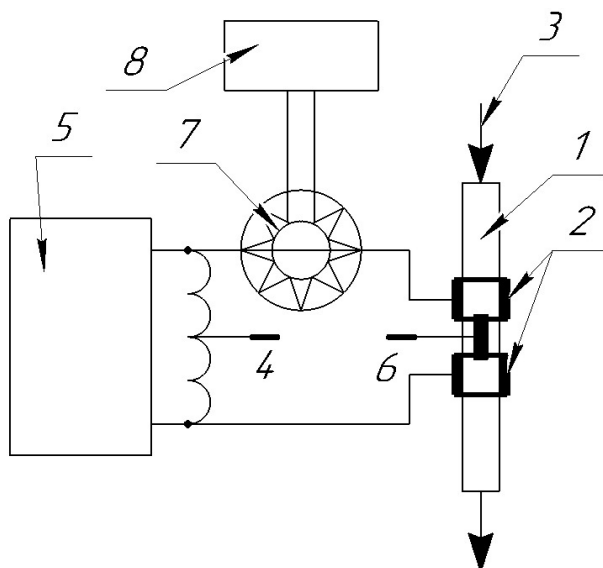


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 1. Схема аргонового детектора: 1 – кварцевая трубка; 2 – внешние цилиндрические электроды; 3 – ввод исследуемого газа; 4 – высокодобротная индуктивность; 5 – высокочастотный автогенератор; 6 – плазма в разрядном промежутке; 7 – тороидальный трансформатор для измерения тока; 8 – выходной преобразователь

Fig. 1; Schematic diagram of the argon detector: 1 – quartz tube; 2 – external cylindrical electrodes; 3 – inlet of the gas under study; 4 – high-frequency inductance; 5 – high-frequency autogenerator; 6 – plasma in the discharge gap; 7 – toroidal transformer for current measurement; 8 – output transducer

емкостно-плазменного аргонового резонансного детектора был создан испытательный стенд (рис. 2), предназначенный для моделирования условий анализа примесей в газообразном аргоне высокой чистоты.

Конструкция стенда:

- 1) баллон с аргоном в качестве газа-носителя;
- 2) геттерный очиститель для удаления следов примесей водорода, кислорода, азота из газа-носителя;
- 3) два крана-дозатора и один переключающий кран;
- 4) набивные колонки с сорбентами СаА и НауеСер D для разделения примесей в анализируемой пробе;
- 5) аргоновый разрядный детектор.

Критерии оценки метрологических характеристик аргонового разрядного детектора:

- чувствительность;
- стабильность;
- точность.

Серия измерений проведена с применением стандартных образцов состава газовых смесей ГСО 10532–2014, представляющих собой искусственные газовые смеси из следующих компонентов:

- водорода, кислорода, азота, метана в аргоне с содержанием 1, 2, 3, 4, 6 ppm об.;
- оксида углерода и диоксида углерода в аргоне с содержанием 1 ppm об.

Данные газовые смеси подавались на испытательный стенд через кран-дозатор. На колонках с сорбентом происходило разделение компонентов смеси. Специализированная программа производила регистрацию изменений выходного сигнала аргонового разрядного детектора в момент прохождения через него разделенных компонентов смеси. На основании результатов измерений построены графики зависимости высоты пика компонента от содержания примесей газов (рис. 3).

Графики (рис. 3) иллюстрируют, что детектор обладает линейной зависимостью высоты пика компонента от его содержания в данном диапазоне. Для каждого компонента был

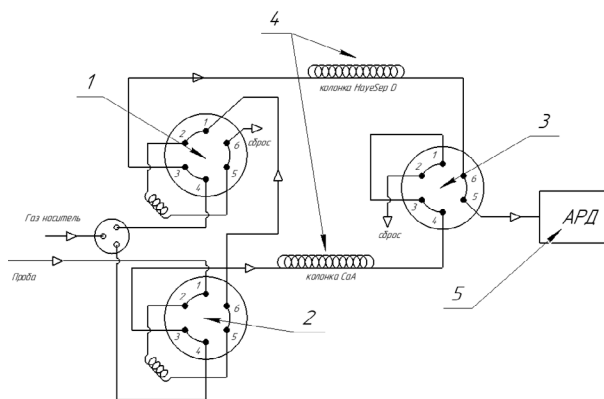


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 2. Схема испытательного стенда для исследования характеристик аргонового разрядного детектора: 1, 2 – краны-дозаторы; 3 – кран-переключатель; 4 – набивные колонки; 5 – аргоновый разрядный детектор

Fig. 2. Schematic diagram of the test bench for investigation of argon discharge detector characteristics: 1, 2 – sampling valve; 3 – switching valve; 4 – packed columns; 5 – ADD

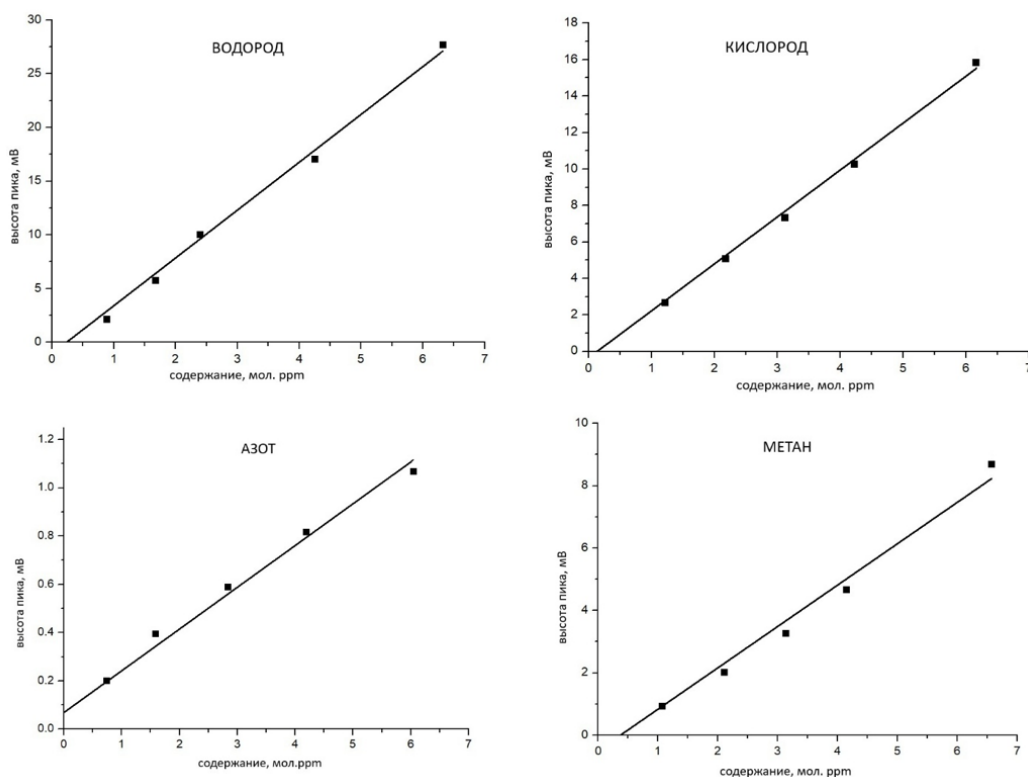


Рисунок подготовлен авторами / The figure is prepared by the authors

Рис. 3. Зависимость высоты пика от содержания для водорода, кислорода, азота, метана в диапазоне содержаний 1–6 ppm

Fig. 3. The dependence of peak height on content for hydrogen, oxygen, nitrogen and methane within the content range of 1–6 ppm.

определен предел детектирования – минимальное содержание анализируемого вещества в потоке газа-носителя, которая может быть зарегистрирована. За минимальный поддающийся

измерению сигнал было принято считать сигнал, амплитуда которого вдвое превышает уровень шумов. Данные испытаний опубликованы в [12] и обобщены в табл. 5.

Таблица 5. Пределы детектирования для водорода, кислорода, азота, метана, оксида углерода и диоксида углерода на детекторе «ГЕПАРД»

Table 5. Detection limits for hydrogen, oxygen, nitrogen, methane, carbon monoxide and carbon dioxide on the GEPARD detector

Компонент	Содержание, ppm мол.
H ₂	0,02
O ₂	0,02
N ₂	0,3
CH ₄	0,05
CO	0,02
CO ₂	0,05

Таблица составлена авторами / The table is prepared by the authors

Анализ данных (табл. 5) показывает, что испытываемому детектору достаточно чувствительности для анализа примесей в аргоне высокой чистоты по требованиям ГОСТ 10157–2016, ТУ 20.11.11-006-45905715-2017 или ТУ 2114-010-05015259-2015.

Также была произведена оценка относительного среднего квадратического отклонения (ОСКО) для каждого компонента в диапазоне 1–6 ppm:

$$ОСКО = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%, \quad (3)$$

где S – среднее квадратическое отклонение (СКО); \bar{x} – среднее арифметическое значение выборки (табл. 6).

За 8 часов непрерывной работы на точность измерений практически не влияют:

- дрейф нулевой линии не превышает 4 мВ;
- уровень флуктуационных шумов нулевого сигнала не превышает 40 мкВ.

Выводы к разделу. Представленные результаты демонстрируют, что использование аргонового разрядного детектора в системе газового хроматографа обеспечивает возможность проведения комплексного анализа всех примесей в сверхчистом аргоне в соответствии с требованиями ГОСТ 10157–2016, ТУ 20.11.11-006-45905715-2017 и ТУ 2114-010-05015259-2015. Данный подход достигается благодаря использованию одного

детектора, что приводит к снижению общего числа используемых высокоточных приборов, сокращению времени проведения анализа, оптимизации трудозатрат. Установлено, что характеристики данного детектора не уступают характеристикам детекторов зарубежных производителей.

Заключение

В экспериментальной части исследован газоаналитический емкостно-плазменный аргоновый резонансный детектор «ГЕПАРД» отечественного производства. Эксперимент подтвердил гипотезу: оснащение хроматографов аргоновым разрядным детектором, принцип действия которого основан на зависимости электрических параметров высоковольтного высокочастотного резонансного колебательного контура от параметров емкостно-связанной с ним плазмы чистого аргона, позволяет устранить ряд недостатков других рассмотренных в статье детекторов. А именно – удалось нивелировать:

1) недостаточную достоверность показаний из-за большой погрешности фоточувствительных преобразователей, надежность которых зависит от их старения, а также их зависимость от температуры и характеристик источников питания;

2) сложность конструкции этих детекторов из-за наличия интерференционных фильтров,

Таблица 6. Относительное среднее квадратичное отклонение (ОСКО) для водорода, кислорода, азота, метана, оксида углерода, диоксида углерода

Table 6. Relative standard deviation (RSD) for hydrogen, oxygen, nitrogen, methane, carbon monoxide, and carbon dioxide

Содержание примеси в аргоне, ppm мол.	ОСКО, % отн.					
	Водород (H ₂)	Кислород (O ₂)	Азот (N ₂)	Метан (CH ₄)	Монооксид углерода (CO)	Диоксид углерода (CO ₂)
1	1,6	1,4	3,9	1,9	1,6	1,6
2	0,6	1,2	1,9	1,4	–	–
3	0,4	0,8	1,4	1,2	–	–
4	0,4	0,8	1,3	1	–	–
6	0,2	0,4	0,7	0,1	–	–

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

фоточувствительного элемента, электронной схемы преобразования и усиления сигнала, что также увеличивает их стоимость;

3) высокие энергозатраты и длительность процесса анализа.

Экспериментально установлены:

– линейная зависимость выходного сигнала от содержания для анализируемых примесей в сверхчистом аргоне;

– высокая чувствительность к ним (низкий предел детектирования) рассмотренного в статье детектора.

Перечисленные выше основания позволяют внедрить изученный авторами статьи прибор в метрологическую практику для измерения примесей в сверхчистом аргоне. Представляется эффективным интегрировать его в состав комплекса установок для воспроизведения единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в исходных чистых газах и веществах в составе Государственного первичного эталона единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019, хранителем которого является ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Благодарности: Авторы выражают благодарность учредителю ООО «Сенсор» Сергею Николаевичу Гершковичу за предоставленный образец газоаналитического емкостно-плазменного аргонного резонансного детектора «ГЕПАРД», за помощь в составлении обзора аргонных детекторов и обработку данных; ООО «МОНИТОРИГ» за предоставление технической базы для проведения экспериментов.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to Sergey N. Gershovich, the founder of Sensor LLC, for the provided sample of the gas-analytical capacitive-plasma argon resonance detector “GEPARD”, for assistance in compiling the review of argon detectors, and for help with data processing; and to MONITORIG LLC for providing the technical base for conducting the experiments.

Вклад авторов: Конопелько Л. А. – разработка концепции исследования, руководство исследованием, анализ результатов, проверка текста статьи; Окрепилов М. В. – методическая

поддержка, участие в общем редактировании статьи; Завьялов С. В. – проведение исследований, обработка результатов измерений, создание рукописи и редактирование; Чуев В. А. – создание черновика рукописи и ее редактирование, подготовка визуальных материалов.

Contribution of the authors: Konopelko L. A. – development of the research concept, supervision of the research, analysis of the results, revision of the text; Okrepilov M. V. – methodological support, participation in the general editing of the article; Zavyalov S. V. – conducting research, processing of measurement results, drafting the manuscript and its editing; Chuev V. A. – drafting the manuscript and its editing, preparation of visual materials.

Конфликт интересов: Конопелько Л. А., Окрепилов М. В. являются членами редакционной коллегии журнала «Эталон. Стандартные образцы», но не имеют никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли. Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье. Работа выполнена в рамках двух диссертационных исследований: 1) аспиранта ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» С. В. Завьялова «Разработка методов и средств измерения содержания примесей в сверхчистом аргоне»; 2) аспиранта ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» В. А. Чуева «Метрологическое обеспечение производства стандартных образцов состава высокочистого гелия». Научный руководитель перечисленных диссертационных исследований – Конопелько Л. А., д-р техн. наук, профессор кафедры «Теоретическая и прикладная метрология» ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Conflict of interest: L. A. Konopelko and M. V. Okrepilov are members of the Editorial Board of the journal “Measurement Standards. Reference Materials”, but have no relation to the decision to publish this article. The article underwent the standard peer-review procedure accepted by the journal. The authors declare no other conflicts of interest. The other authors declare an absence of any conflict of interest requiring disclosure in this article. The work was carried out

within the framework of two dissertation studies: 1) by S. V. Zavyalov, a postgraduate student at the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, titled “Development of Methods and Measuring Instruments for Determining Impurity Content in Ultra-High Purity Argon”; 2) by V. A. Chuev, a postgraduate student at the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, titled “Metrological Assurance for the Production of Reference Materials for the Composition of High-Purity Helium”. The scientific supervisor of these dissertation studies is L. A. Konopelko, Dr. Sci. (Eng.),

Professor of the Department of Theoretical and Applied Metrology, D. I. Mendeleev Institute for Metrology.

Финансирование: Это исследование не получало финансовой поддержки в виде гранта от какой-либо организации государственного, коммерческого или некоммерческого сектора.

Funding: This research did not receive financial support in the form of a grant from any governmental, for-profit, or non-profit organizations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Фастовский В. Г., Ровинский А. Е., Петровский Ю. В.* Инертные газы. М. : Атомиздат, 1972. 352 с.
2. *Раихле Л.* Аргон в металлургии. М. : Металлургия, 1971. 120 с.
3. Рафинирование стали инертным газом / Под ред. А. Ф. Каблуковского. М. : Металлургия, 1975. 231 с.
4. *Червоный И. Ф.* Кремний поликристаллический полупроводниковый. Одесса : Куприенко С. В., 2018. 169 с.
5. *Головко Г. А.* Криогенное производство инертных газов. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. 379 с.
6. *Яшин Я. И., Яшин А. Я.* Аналитическая хроматография. Методы, аппаратура, применение // *Успехи химии*. 2006. Т. 75, № 40. С. 366–379.
7. *McNair H. M., Miller J. M., Snow N. H.* Basic gas chromatography. Hoboken : John Wiley & Sons, 2019. 288 p.
8. *Grob R. L., Barry E. F.* Modern practice of gas chromatography. Hoboken : John Wiley & Sons, 2004. 1064 p.
9. *Яшин Я. И., Яшин Е. Я., Яшин А. Я.* Газовая хроматография. М. : ТрансЛит, 2009. 528 с.
10. *Крылов Е. В.* Газоразрядный ионизатор в аргоновом ионизационном детекторе // *Журнал технической физики*. 2000. Т. 70, № 11. С. 126–132.
11. Ионизационный разрядный высокочастотный детектор : пат. № 2821842 РФ ; заявл. 12.02.2024 : опубл. 26.06.2024, Бюл. № 18. 10 с.
12. Проблемы при анализе примесей в аргоне высокой чистоты / *С. В. Завьялов* [и др.] // *За нами будущее : Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов и тексты работ участников пилотного Международного конкурса «Лучший молодой метролог МГС СНГ» 2024 года, 11–14 июня 2024 г. / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) [и др.]. Санкт-Петербург : ООО «Типография Литас+», 2024. С. 304.*

REFERENCES

1. Fastovsky VG, Rovinsky AE, Petrovskiy Yu V. Inert gases. Moscow: Atomizdat; 1972. 352 p. (In Russ.).
2. Reichle L. Argon in metallurgy. Moscow: Metallurgy; 1971. 120 p. (In Russ.).
3. Refining steel with inert gas. Kablukovskij AF (eds.). Moscow: Metallurgy; 1975. 231 p. (In Russ.).
4. Chervony IF. Polycrystalline semiconductor silicon. Odessa: Kuprienko SV; 2018. 169 p. (In Russ.).
5. Golovko GA. Cryogenic production of inert gases. Leningrad: Mashinostroenie, Leningrad Branch; 1983. 379 p. (In Russ.).
6. Yashin YaI, Yashin AYa. Analytical chromatography. Methods, instrumentation and applications. *Uspekhi Khimii*. 2006;75(4):366–379. (In Russ.).
7. McNair HM, Miller JM, Snow NH. Basic gas chromatography. Hoboken: John Wiley & Sons; 2019. 288 p.
8. Grob RL, Barry EF. Modern practice of gas chromatography. Hoboken: John Wiley & Sons; 2004. 1064 p.
9. Yashin YaI, Yashin EYa, Yashin AYa. Gas chromatography. Moscow: TransLit; 2009. 528 p. (In Russ.).
10. Krylov EV. Gas discharge ionizer in an argon ionization detector. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*. 2000;70(11):126–132. (In Russ.).
11. Konopelko LA, Gershkovich SN, Shtenger MB, Zavyalov SV. Ionization-Discharge High-Frequency Detector. Patent RF, no. 2821842, 2024. (In Russ.).
12. Zavyalov SV, Chuev VA, Gershkovich SN, Konopelko LA. Problems in the analysis of impurities in high-purity argon. In: *Za nami budushhee: Abstracts of the III international scientific and practical conference of young scientists and specialists and texts of the works of the participants of the pilot international competition “Luchshij molodoj metrolog MGS SNG” 2024, 11–14 June 2024, Saint Petersburg, Russia.* Saint Petersburg: ООО “Tipografiya Litass+”; 2024. P. 304. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Конопелько Леонид Алексеевич – д-р техн. наук, профессор кафедры «Теоретическая и прикладная метрология», ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
E-mail: lkonop2@gmail.com

Окрепилов Михаил Владимирович – д-р техн. наук, доцент, заместитель генерального директора по качеству и образовательной деятельности ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

190005, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: m.v.okrepilov@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9815-1795>

Завьялов Сергей Валерьевич – инженер-хроматографист 2-й категории ООО «МОНИТОРИНГ»

190013, г. Санкт-Петербург, а/я 113
e-mail: zsv@ooo-monitoring.ru

Чуев Владимир Александрович – главный технолог производства стандартных образцов ООО «МОНИТОРИНГ»

190013, г. Санкт-Петербург, а/я 113
e-mail: chuev@ooo-monitoring.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Leonid A. Konopelko – Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Theoretical and Applied Metrology, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: lkonop2@gmail.com

Mikhail V. Okrepilov – Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Deputy Director of Quality and Educational Activity, D. I. Mendeleev Institute for Metrology

19 Moskovskiy ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: m.v.okrepilov@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9815-1795>

Sergey V. Zavyalov – 2nd category Chromatography Engineer, MONITORING LLC

P.O. Box 113, St. Petersburg, 190013, Russia
e-mail: zsv@ooo-monitoring.ru

Vladimir A. Chuev – Chief Technologist of Reference Material Production, MONITORING LLC

P.O. Box 113, St. Petersburg, 190013, Russia
e-mail: chuev@ooo-monitoring.ru

■ РЕЕСТР УТВЕРЖДЕННЫХ ТИПОВ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В РАЗДЕЛЕ ФИФ ОЕИ

Реестр утвержденных типов стандартных образцов (СО) предназначен для регистрации СО, типы которых утверждены Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), и представлен в разделе «Утвержденные типы стандартных образцов» Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ).

Ведение ФИФ ОЕИ, включая предоставление содержащихся в нем документов и сведений, организует Росстандарт.

Ведение раздела ФИФ ОЕИ по СО состава и свойств веществ и материалов в соответствии с ч. 9 ст. 21 № 102-ФЗ¹ осуществляет Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

Фонд создается с целью обеспечения потребности граждан, общества и государства в получении объективной и достоверной информации согласно ч. 1 ст. 20 № 102-ФЗ, используемой в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности.

СВЕДЕНИЯ О НОВЫХ ТИПАХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ

В. В. Сулова ✉

Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

✉ gosreestr_so@u.niim.ru

В этом разделе продолжается публикация сведений о типах СО, которые были утверждены Приказами Росстандарта с середины ноября и до конца декабря 2025 г. в соответствии с Административным регламентом, в который были внесены изменения согласно Приказу Росстандарта № 1404¹. Изменения внесены в целях реализации № 496-ФЗ². С 1 января 2021 г. типы СО утверждаются Приказами Росстандарта в соответствии с Приказом Минпромторга России № 2905³. В свободном доступе подробные сведения об утвержденных типах СО можно посмотреть в разделе «Утвержденные типы стандартных образцов» ФИФ ОЕИ по ссылке <https://fgis.gost.ru/> на сайте ФГИС Росстандарта.

¹ Об обеспечении единства измерений : Федер. закон Рос. Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ : Принят Гос. Думой Федер. Собрания Рос. Федерации 11 июня 2008 г. : одобрен Советом Федерации Федер. Собрания Рос. Федерации 18 июня 2008 г.

² О внесении изменений в Административный регламент по предоставлению Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии государственной услуги по утверждению типа стандартных образцов или типа средств измерений : Приказ Росстандарта № 1404 от 17.08.2020 : утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 ноября 2018 г. № 2346.

³ О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» : Федер. закон Рос. Федерации от 27 декабря 2019 г. № 496-ФЗ.

⁴ Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения : Приказ Минпромторга России № 2905 от 28 августа 2020 г.

ГСО 13023–2025**СО СОСТАВА α -ГИДРОКСИМЕТИОНИНА КАЛЬЦИЕВОЙ СОЛИ (НЦСО- α -гидроксиметионина кальциевая соль)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли α -гидроксиметионина кальциевой соли в субстанции α -гидроксиметионина кальциевой соли, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит α -гидроксиметионина кальциевая соль.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля α -гидроксиметионина кальциевой соли, %.

СО представляет собой субстанцию α -гидроксиметионина кальциевой соли, белый кристаллический порошок, расфасованный по 160 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13024–2025**СО СОСТАВА α -КЕТОВАЛИНА КАЛЬЦИЕВОЙ СОЛИ (НЦСО- α -кетовалина кальциевая соль)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли α -кетовалина кальциевой соли в субстанции α -кетовалина кальциевой соли, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит α -кетовалина кальциевая соль. СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля α -кетовалина кальциевой соли, %.

СО представляет собой субстанцию α -кетовалина кальциевой соли, белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованные по 250 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13025–2025**СО СОСТАВА L-ГИСТИДИНА (НЦСО-L-гистидин)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли L-гистидина в субстанции L-гистидина, фармацевтических

препаратах и материалах, в состав которых входит L-гистидин.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля L-гистидина, %.

СО представляет собой субстанцию L-гистидина, белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованные по 390 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13026–2025**СО СОСТАВА L-ЛИЗИНА МОНОАЦЕТАТА (НЦСО-L-лизина моноацетат)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли L-лизина моноацетата в субстанции L-лизина моноацетата, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит L-лизина моноацетат.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля L-лизина моноацетата, %.

СО представляет собой субстанцию L-лизина моноацетата, белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованные по 1 060 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13027–2025**СО СОСТАВА L-ТИРОЗИНА (НЦСО-L-тирозин)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли L-тирозина в субстанции L-тирозина, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит L-тирозин.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик стандартного образца требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик стандартного образца требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля L-тирозина, %.

СО представляет собой субстанцию L-тирозина, белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованные по 310 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13028–2025

СО СОСТАВА L-ТРЕОНИНА (НЦСО-L-треонин)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли L-треонина в субстанции L-треонина, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит L-треонин.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля L-треонина, %.

СО представляет собой субстанцию L-треонина, белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованные по 540 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13029–2025

СО СОСТАВА L-ТРИПТОФАНА (НЦСО-L-триптофан)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли L-триптофана в субстанции L-триптофана, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит L-триптофан.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля L-триптофана, %.

СО представляет собой субстанцию L-триптофана, белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованные по 240 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13030–2025

СО СОСТАВА МЕТОКСИФЛУРАНА (НЦСО-Метоксифлуран)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли метоксифлурана в субстанции метоксифлурана, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит метоксифлуран.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля метоксифлурана, %.

СО представляет собой субстанцию метоксифлурана, прозрачную бесцветную летучую жидкость, расфасованную по 1 см³ во флаконы темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13031–2025

СО ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМУТНЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ (ТПМТ-1-НС)

СО предназначен для аттестации методик измерений температуры помутнения, контроля точности результатов измерений температуры помутнения, в том числе по ГОСТ 5066–2018 (метод Б), ISO 3015:2019, ASTM D2500–17a. СО может применяться для аттестации испытательного оборудования, испытаний, поверки и калибровки СИ температуры помутнения, а также для других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик поверки СИ, процедур метрологического контроля; контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа.

Область применения: охрана окружающей среды, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая и др. промышленность.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: температура помутнения, °С.

Материал СО представляет собой дизельное топливо, расфасованное во флаконы из стекла или полимерного материала с плотно навинчивающимися крышками и этикетками. Объем содержимого отдельного флакона должен составлять не менее 30 или 50 см³.

ГСО 13032–2025

СО ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМУТНЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ (ТПМТ-2-НС)

СО предназначен для аттестации методик измерений температуры помутнения, контроля точности результатов измерений температуры помутнения, в том числе по ГОСТ 5066–2018 (метод Б), ISO 3015:2019, ASTM D2500–17a.

СО может применяться для аттестации испытательного оборудования, испытаний, поверки и калибровки СИ температуры помутнения, а также других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик поверки СИ, процедур метрологического контроля; контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа.

Область применения: охрана окружающей среды, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая и др. промышленности.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: температура помутнения, °С.

Материал СО представляет собой дизельное топливо, расфасованное во флаконы из стекла или полимерного материала с плотно навинчивающимися крышками и этикетками. Объем содержимого отдельного флакона должен составлять не менее 30 или 50 см³.

ГСО 13033–2025

СО СОСТАВА КАКАО-ПОРОШКА (КП-1 СО УНИИМ)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли влаги, азота, белка, жира в какао-порошке и продуктах, его содержащих.

СО может использоваться для других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: пищевая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовые доли влаги, азота, белка, жира, %.

Материал СО представляет собой какао-порошок, расфасованный по 50 г в двойные герметичные полиэтиленовые или металлизированные пакеты с этикетками.

ГСО 13034–2025/ГСО 13041–2025

СО СОСТАВА ЛАТУНЕЙ (набор VSLM1)

СО предназначены для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений (СИ), контроля точности результатов измерений при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; аттестации методик измерений, применяемых при определении состава обрабатываемых давлением и литейных латуней спектральными и химическими методами анализа. СО могут быть использованы совместно с другими СО состава латуни.

СО могут применяться для поверки и калибровки СИ при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки и методиках калибровки СИ; испытаний СИ и СО в целях утверждения типа при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний СИ и СО в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии

метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из меди марки М00 (ГОСТ 859–2014) с массовой долей меди не менее 99,99 % и цинка марки Ц0 (ГОСТ 3640–94) с массовой долей цинка не менее 99,97 % с введенным примесей в виде двойных лигатур на основе меди.

СО представляют собой цилиндры диаметром (45 ± 5) мм, высотой (20 ± 5) мм или стружку толщиной $(0,1–0,5)$ мм. СО в виде цилиндров упакованы в индивидуальные упаковки, обеспечивающие сохранность при транспортировке, снабженные этикетками. На нерабочей поверхности каждого цилиндра выбит индекс СО в наборе. СО в виде стружки массой 50 г расфасованы в индивидуальные упаковки, обеспечивающие сохранность при транспортировке, снабженные этикетками. Количество типов СО в наборе – 8.

ГСО 13042–2025/ГСО 13044–2025

СО СОСТАВА РАСТВОРОВ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ (набор НЗРО4 СО УНИИМ)

СО предназначены для хранения и передачи единиц величин «массовая концентрация компонента» и «молярная концентрация компонента» СО и химическим реактивам по реакции нейтрализации; поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики СИ; аттестации методик измерений, контроля точности результатов измерений массовой и молярной концентрации компонента в жидких и твердых веществах и материалах.

Область применения: химическая промышленность, охрана окружающей среды, цветная и черная металлургия, фармацевтическая промышленность, пищевая промышленность, научные исследования, испытания и контроль качества продукции.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация фосфорной кислоты, г/дм³; молярная концентрация ионов водорода, моль/дм³.

СО представляют собой растворы фосфорной кислоты, расфасованные в пластиковые флаконы номинальной вместимостью 250 см³ с завинчивающимися крышками, содержащие не менее 250 см³ материала СО. Каждый экземпляр СО снабжен этикеткой и помещен в полиэтиленовый zip-пакет. Количество типов СО в наборе – три.

ГСО 13045–2025/ГСО 13049–2025

СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ И ТОЛЩИНЫ ЗОЛОТОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕДИ (набор СО УНИИМ З/М 2025)

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; поверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий, контроля метрологических

характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО могут применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики установок и СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, $г/м^2$; толщина покрытия, $мкм$.

Основание СО изготовлено из меди марки М1 по ГОСТ 859-2014 в виде диска диаметром $(30,0 \pm 0,1)$ мм, высотой $(10,0 \pm 0,1)$ мм. Золотое покрытие из сплава золото-никель (с массовой долей золота не менее 99,9 % и никеля не более 0,1 %) нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305-84. Количество типов СО в наборе – 5. Аттестованное значение поверхностной плотности покрытия установлено в центре образца на рабочей площади, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО в наборе и номера СО в ФИФ. СО уложены в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении.

ГСО 13050–2025/ГСО 13054–2025 СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ И ТОЛЩИНЫ СЕРЕБРЯНОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕДИ (набор СО УНИИМ С/М 2025)

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; поверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий, контроля метрологических характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО могут применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики установок и СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, $г/м^2$; толщина покрытия, $мкм$.

Основание СО изготовлено из меди марки М1 по ГОСТ 859-2014 в виде диска диаметром $(30,0 \pm 0,1)$ мм, высотой $(10,0 \pm 0,1)$ мм. Серебряное покрытие из сплава серебро-сурьма (с массовой долей серебра не менее 99,5 % и сурьмы не более 0,5 %) нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305-84. Количество типов СО в наборе – 5. Аттестованное значение поверхностной плотности покрытия установлено в центре образца на рабочей площади, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО в наборе и номера СО в ФИФ. СО уложены

в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении.

ГСО 13055–2025 СО МАССОВОЙ ДОЛИ ОБЩЕГО ФТОРА В УГЛЕ КАМЕННОМ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО БАСЕЙНА (комплект УК-4 СО МИСИС)

СО предназначены для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений, аттестации методик измерений, контроля точности результатов измерений массовой доли общего фтора в углях, продуктах их обогащения, переработки и сжигания.

Область применения: угольная промышленность, химическая промышленность, черная металлургия и другие области промышленности.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля общего фтора (в расчете на материал, высушенный при $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы, $млн^{-1}$ (ppm, $мкг/г$)).

СО изготовлены из угля каменного Южно-Якутского бассейна в виде порошка с размерами частиц не более 0,2 мм, расфасованного по $(50-70)$ г в герметично закрывающиеся полиэтиленовые банки с этикетками. Количество СО в комплекте – три.

ГСО 13056–2025 СО УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НЕПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ ($Sy_d SiO_2$ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной поверхности пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная поверхность, $м^2/г$.

СО представляет собой белый порошок непористого оксида кремния, расфасованный по 25 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13057–2025 СО УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ ($Sy_d 2,2-SiO_2$ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной поверхности пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.
Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная поверхность, м²/г.

СО представляет собой белый порошок нанопористого оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13058–2025

СО УДЕЛЬНОЙ АДСОРБЦИИ АЗОТА НАНОПОРИСТЫМ ОКСИДОМ КРЕМНИЯ (А 2,2-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной адсорбции азота пористыми веществами; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик. СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.
Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная адсорбция азота, моль/кг.

СО представляет собой белый порошок оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13059–2025

СО СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ПОР НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ (D2,2-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений среднего диаметра пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.
Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: средний диаметр пор, нм.

СО представляет собой белый порошок нанопористого оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13060–2025

СО УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА ПОР НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ (V 2,2-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельного объема пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии

метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельный объем пор, см³/г.

СО представляет собой белый порошок нанопористого оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13061–2025

СО УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ (Суд 6-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной поверхности пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная поверхность, м²/г.

СО представляет собой белый порошок нанопористого оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13062–2025

СО УДЕЛЬНОЙ АДСОРБЦИИ АЗОТА НАНОПОРИСТЫМ ОКСИДОМ КРЕМНИЯ (А 6-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной адсорбции азота пористыми веществами; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.
Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная адсорбция азота, моль/кг.

СО представляет собой белый порошок оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13063–2025

СО СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ПОР НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ (D 6-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений среднего

диаметра пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: средний диаметр пор, нм.

СО представляет собой белый порошок нанопористого оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13064–2025

СО УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА ПОР НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ (V 6-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельного объема пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельный объем пор, см³/г.

СО представляет собой белый порошок нанопористого оксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13065–2025/ГСО 13084–2025

СО ВЛАЖНОСТИ СЕМЯН ТРАВ (набор ТР СО УНИИМ)

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли влаги (влажности) семян трав.

СО могут применяться для поверки и калибровки средств измерений (СИ) при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки и методиках калибровки СИ; испытаний СИ и СО в целях утверждения типа при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний СИ и СО в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: сельское хозяйство, научные исследования и приборостроение.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля влаги (влажность), %.

Материал СО представляет собой семена однолетних и многолетних трав, расфасованные массой от 20 до 300 г

в полиэтиленовые герметичные упаковки с этикетками. Количество типов в наборе – 20.

ГСО 13085–2025

СО СОСТАВА ВОДНОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО РЕНИЙ (Re 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации рения, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации рения, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация рения, г/дм³.

СО представляет собой водный раствор рения, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки с завинчивающейся крышкой и этикеткой, объемом не менее 100 см³.

ГСО 13086–2025

СО СОСТАВА АЗОТНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО МЕДЬ (Cu 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации меди, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации меди, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация меди, г/дм³.

СО представляет собой раствор меди в водном растворе азотной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13087–2025

СО СОСТАВА АЗОТНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО ЖЕЛЕЗО (Fe 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации железа, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО могут быть использованы для контроля точности результатов измерений массовой концентрации железа, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.
Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация железа, г/дм³.

СО представляет собой раствор железа в водном растворе азотной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13088–2025

СО СОСТАВА АЗОТНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО НИКЕЛЬ (Ni 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации никеля, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации никеля, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация никеля, г/дм³.

СО представляет собой раствор никеля в водном растворе азотной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13089–2025

СО СОСТАВА АЗОТНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО СВИНЕЦ (Pb 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации свинца, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также в других веществах и материалах.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации свинца, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация свинца, г/дм³.

СО представляет собой раствор свинца в водном растворе азотной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13090–2025

СО СОСТАВА АЗОТНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО МЫШЬЯК (As 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации мышьяка, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации мышьяка, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других

веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация мышьяка, г/дм³.

СО представляет собой раствор мышьяка в водном растворе азотной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13091–2025

СО СОСТАВА СОЛЯНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО СУРЬМУ (Sb 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации сурьмы, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также в других веществах и материалах.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации сурьмы, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация сурьмы, г/дм³.

СО представляет собой раствор сурьмы в водном растворе соляной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13092–2025

СО СОСТАВА СОЛЯНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО СЕЛЕН (Se 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации селена, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации селена, выполненных по методикам измерений при анализе чистых

металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация селена, г/дм³.

СО представляет собой раствор селена в водном растворе соляной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13093–2025

СО СОСТАВА СОЛЯНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО ТЕЛЛУРА (Te 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации теллура, применяемых при анализе чистых драгоценных металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также в других веществах и материалах.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации теллура, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация теллура, г/дм³.

СО представляет собой раствор теллура в водном растворе соляной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13094–2025

СО СОСТАВА СОЛЯНОКИСЛОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО ОЛОВО (Sn 1,0 Красцветмет)

СО предназначен для аттестации методик измерений массовой концентрации олова, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов; установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений, применяемых при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, а также других веществ и материалов.

СО может быть использован для контроля точности результатов измерений массовой концентрации олова, выполненных по методикам измерений при анализе чистых металлов и сплавов на их основе, руд, содержащих металлы, и продуктов их переработки, производственных, исследовательских и технологических растворов, а также других веществ и материалов; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: черная и цветная металлургия, геология, научные исследования, медицина и фармацевтика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация олова, г/дм³.
СО представляет собой раствор олова в водном растворе соляной кислоты, расфасованный в стеклянные или полиэтиленовые банки объемом не менее 100 см³ с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13095–2025

СО СОСТАВА КОНЦЕНТРАТА ПЛАТИНО-ПАЛЛАДИЕВОГО (КПП Красцветмет)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений (СИ) при условии соответствия метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; аттестации методик измерений, применяемых при определении массовой доли платины, палладия, родия, иридия, рутения, золота, серебра в концентратах платино-палладиевых; контроля точности результатов измерений, выполненных по методикам измерений при определении массовой доли платины, палладия, родия, иридия, рутения, золота, серебра в концентратах платино-палладиевых, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений.

СО может применяться для поверки СИ при условии их соответствия обязательным требованиям, установленным в методиках поверки СИ; испытаний СИ и СО в целях утверждения типа при условии соответствия их метрологических и технических характеристик критериям, установленным в программах испытаний СИ и СО в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия, геология.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО представляет собой порошок концентрата платино-палладиевого крупностью не более 0,071 мм. Материал СО расфасован массой 150 и 200 г в полиэтиленовые банки с завинчивающимися крышками, на которые наклеены этикетки.

ГСО 13096–2025

СО СОСТАВА КОНЦЕНТРАТА МЕТАЛЛОВ-СПУТНИКОВ ПЛАТИНЫ (КМСП Красцветмет)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик

средств измерений (СИ) при условии соответствия метрологических СО требованиям методики измерений; аттестации методик измерений, применяемых при определении массовой доли платины, палладия, родия, иридия, рутения, золота, серебра, осмия в концентратах металлов-спутников платины; контроля точности результатов измерений, выполненных по методикам измерений при определении массовой доли платины, палладия, родия, иридия, рутения, золота, серебра, осмия в концентратах металлов-спутников платины, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений.

СО может применяться для поверки СИ при условии их соответствия обязательным требованиям, установленным в методиках поверки СИ; испытаний СИ и СО в целях утверждения типа при условии соответствия их метрологических и технических характеристик критериям, установленным в программах испытаний СИ и СО в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия, геология.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО представляет собой порошок концентрата металлов-спутников платины крупностью не более 0,071 мм. Материал СО расфасован массой 150 и 200 г в полиэтиленовые банки с завинчивающимися крышками, на которые наклеены этикетки.

ГСО 13097–2025

СО СОСТАВА ШЛАКА ОТВАЛЬНОГО (Шл1 Красцветмет)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений (СИ) при условии соответствия метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; аттестации методик измерений, применяемых при определении массовой доли платины, палладия, родия, рутения, золота, серебра, теллура, железа, никеля, меди, мышьяка, селена, олова, сурьмы, свинца, марганца, кобальта, цинка, бария в шлаке; контроля точности результатов измерений, выполненных по методикам измерений при определении массовой доли платины, палладия, родия, рутения, золота, серебра, теллура, железа, никеля, меди, селена, олова, свинца, марганца, кобальта, цинка, бария в шлаке, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений.

СО может применяться для поверки СИ при условии их соответствия обязательным требованиям, установленным в методиках поверки СИ; испытаний СИ и СО в целях утверждения типа при условии соответствия их метрологических и технических характеристик критериям, установленным в программах испытаний СИ и СО в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия, геология.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО представляет собой порошок шлака отвального крупностью не более 0,071 мм. Материал СО расфасован массой 1 000 г в полиэтиленовые банки с завинчивающимися крышками, на которые наклеены этикетки.

ГСО 13098–2025

СО СОСТАВА СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МЕДЬ-МАГНИЙ (Al-Cu-Mg) (СО 2000–2 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО может быть использован совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО может быть использован для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий-медь-магний (Al-Cu-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 2000–2 mhd).

ГСО 13099–2025

СО СОСТАВА СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МЕДЬ-МАГНИЙ (Al-Cu-Mg) (СО 2000–3 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО может быть использован совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО может быть использован для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий-медь-магний (Al-Cu-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 2000–3 mhd).

ГСО 13100–2025

СО СОСТАВА СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МЕДЬ-МАГНИЙ (Al-Cu-Mg) (СО 2000–4 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО может быть использован совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО может быть использован для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий-медь-магний (Al-Cu-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 2000–4 mhd).

ГСО 13101–2025/ГСО 13104–2025

СО СОСТАВА СПЛАВОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЛИТЕЙНЫХ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ-МАГНИЙ (Al-Si-Mg) (набор)

СО предназначены для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений, применяемых при определении состава литейных алюминиевых сплавов спектральными (оптико-эмиссионная спектрометрия, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой) и др. методами; аттестации и валидации методик измерений состава литейных алюминиевых сплавов.

СО могут применяться для проверки средств измерений, испытаний средств измерений и СО в целях утверждения типа, контроля точности результатов измерений при условии соответствия их метрологических и технических характеристик критериям, установленным в методиках

поверки, программах испытаний и методиках измерений.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия технической чистоты (ГОСТ 11069–2019) с массовой долей основного вещества (99,850–99,996) % и введением различных лигатур в соответствии с требуемым содержанием. Форма материала СО – цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (50 ± 2) мм. На нерабочую поверхность каждого цилиндра нанесен индекс СО в наборе, номер экземпляра СО, логотип Компании РУСАЛ. СО упакованы в полиэтиленовые пакеты с этикетками. Входящие в набор СО упакованы в общий полиэтиленовый пакет, на который наклеена этикетка набора СО. Количество типов СО в наборе – четыре.

ГСО 13105–2025/ГСО 13107–2025 СО СОСТАВА РАСТВОРОВ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ (набор H_2SO_4 СО УНИИМ)

СО предназначены для хранения и передачи единиц величин «массовая концентрация компонента» и «молярная концентрация компонента» СО и химическим реактивам по реакции нейтрализации; поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики СИ; аттестации методик измерений, контроля точности результатов измерений массовой и молярной концентрации компонента в жидких и твердых веществах и материалах.

Область применения: химическая промышленность, охрана окружающей среды, цветная и черная металлургия, фармацевтическая промышленность, пищевая промышленность, научные исследования, испытания и контроль качества продукции.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация серной кислоты, г/дм³; молярная концентрация ионов водорода, моль/дм³.

СО представляют собой растворы серной кислоты, расфасованные в пластиковые флаконы номинальной вместимостью 250 см³ с завинчивающимися крышками в объеме не менее 250 см³ материала СО. Каждый экземпляр СО снабжен этикеткой и помещен в полиэтиленовый зиплок-пакет. Количество типов СО в наборе – три.

ГСО 13108–2025/ГСО 13110–2025 СО СОСТАВА РАСТВОРОВ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ (набор HCl СО УНИИМ)

СО предназначены для хранения и передачи единиц величин «массовая концентрация компонента» и «молярная концентрация компонента» СО и химическим реактивам по реакции нейтрализации; поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики СИ; аттестации методик измерений, контроля точности результатов измерений массовой и молярной концентрации компонента в жидких и твердых веществах и материалах.

Область применения: химическая промышленность, охрана окружающей среды, цветная и черная металлургия, фармацевтическая промышленность, пищевая промышленность, научные исследования, испытания и контроль качества продукции.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация соляной кислоты, г/дм³; молярная концентрация соляной кислоты, моль/дм³.

СО представляют собой растворы соляной кислоты, расфасованные в пластиковые флаконы номинальной вместимостью 250 см³ с завинчивающейся крышкой в объеме не менее 250 см³ материала СО. Каждый экземпляр СО снабжен этикеткой и помещен в полиэтиленовый зиплок-пакет. Количество типов СО в наборе – три.

ГСО 13111–2025 СО СОСТАВА ДНК ЧЕЛОВЕКА, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ГЕНА Р1К3СА, МУТАЦИЯ p.E545K (Р1К3СА-p.E545K-ВНИИМ)

СО предназначен для хранения и передачи единиц величин «отношение числа копий последовательностей ДНК» и «концентрация копий последовательности ДНК» при измерениях отношения числа копий последовательностей ДНК гена каталитической субъединицы альфа фосфатидилинозитол-3-киназы Р1К3СА, несущего мутацию с.1633G>A (p.E545K), и дикого типа, а также концентрации копий последовательности ДНК гаплоидного генома человека от ГЭТ 220 средством измерений содержания копий последовательности ДНК и медицинским изделиям для диагностики *in vitro*; поверки, калибровки анализаторов ДНК и других средств измерений; испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа; разработки, валидации, аттестации методик (методов) измерений, в том числе референтных методик (методов) измерений; контроля точности результатов измерений отношения числа копий последовательностей ДНК гена Р1К3СА, несущего мутацию с.1633G>A (p.E545K), и дикого типа, а также концентрации копий последовательности ДНК гаплоидного генома человека; межлабораторных сравнительных (сравнительных) испытаний и других видов метрологических работ.

Область применения: медицинская промышленность, организация внешнего контроля качества, клиническая лабораторная диагностика.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: концентрация копий последовательности ДНК гаплоидного генома человека, мм-3; отношение числа копий последовательностей ДНК гена Р1К3СА, несущего мутацию с.1633G>A (p.E545K), и дикого типа.

СО представляет собой раствор ДНК, содержащей ген Р1К3СА дикого типа и с мутацией с.1633G>A (p.E545K), выделенной из культуры клеток человека линии NCI-H460, в буфере TE (10 мм Трис, 1 мм ЭДТА, pH 8), расфасованный не менее чем по 100 мм³ в прозрачную пластиковую пробирку номинальным объемом 0,5 см³ с завинчивающейся крышкой, снабженную этикеткой. СО охарактеризован по содержанию копий последовательности ДНК гена Р1К3СА дикого типа и несущего мутацию G>A в позиции 1633 кодирующей последовательности (Последовательность

гена по базе данных NCBI в сборке генома GRCh38.p14, 3 хромосома, NC_000003.12, позиция первого нуклеотида – 179148126, позиция последнего нуклеотида – 179240093). Характеристическая последовательность из состава гена PIK3CA, содержащая позицию с мутацией (указана в скобках строчными буквами), в направлении 5' – 3': AGCAA TTTCTACACGAGATCCTCTCTCTGAAATCACT(g>a)AG CAGGAGAAAGATTTTCTATGGAGTCACAGGTAAGTG CTAATAATG

ГСО 13112–2025
СО УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
НАНОПОРИСТОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ
(Sud 15-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной поверхности пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная поверхность, м²/г.

СО представляет собой белый порошок нанопористого диоксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13113–2025
СО УДЕЛЬНОЙ АДСОРБЦИИ АЗОТА
НАНОПОРИСТЫМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ
(A 15-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной адсорбции азота пористыми веществами; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная адсорбция азота, моль/кг.

СО представляет собой белый порошок диоксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13114–2025
СО СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ПОР
НАНОПОРИСТОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ
(D 15-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений среднего диаметра пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: средний диаметр пор, нм.

СО представляет собой белый порошок нанопористого диоксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13115–2025
СО УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА ПОР НАНОПОРИСТОГО
ДИОКСИДА КРЕМНИЯ (V 15-SiO₂ СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельного объема пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельный объем пор, см³/г.

СО представляет собой белый порошок нанопористого диоксида кремния, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13116–2025
СО УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
НАНОПОРИСТОГО УГЛЕРОДА (Sud C СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной поверхности пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная поверхность, м²/г.

СО представляет собой порошок технического углерода марки N-550, изготовленный по ТУ 3841558–97, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13117–2025
СО УДЕЛЬНОЙ АДСОРБЦИИ АЗОТА
НАНОПОРИСТЫМ УГЛЕРОДОМ
(A C СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной

адсорбции азота пористыми веществами; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик. СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная адсорбция азота, моль/кг.

СО представляет собой порошок технического углерода марки N-550, изготовленный по ТУ 38 41558–97, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13118–2025

СО СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ПОР НАНОПОРИСТОГО УГЛЕРОДА (D C СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений среднего диаметра пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: средний диаметр пор, нм.

СО представляет собой порошок технического углерода марки N-550, изготовленный по ТУ 38 41558–97, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13119–2025

СО УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА ПОР НАНОПОРИСТОГО УГЛЕРОДА (V C СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельного объема пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельный объем пор, см³/г.

СО представляет собой порошок технического углерода марки N-550, изготовленный по ТУ 38 41558–97, расфасованный по 4 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13120–2025

СО УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАНОПОРИСТОГО ЦЕОЛИТА (Sud Zeolite СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной поверхности пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная поверхность, м²/г.

СО представляет собой белый порошок цеолита (Na₈₆[(AlO₂)₈₆(SiO₂)₁₀₆]*xH₂O), расфасованный по 3 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13121–2025

СО УДЕЛЬНОЙ АДСОРБЦИИ АРГОНА НАНОПОРИСТЫМ ЦЕОЛИТОМ (A Zeolite СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельной адсорбции аргона пористых веществ; калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная адсорбция аргона, моль/кг.

СО представляет собой белый порошок цеолита (Na₈₆[(AlO₂)₈₆(SiO₂)₁₀₆]*xH₂O), расфасованный по 3 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13122–2025

СО ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ДИАМЕТРА ПОР НАНОПОРИСТОГО ЦЕОЛИТА (D Zeolite СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений преобладающего диаметра пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: наноиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: преобладающий диаметр пор, нм.

СО представляет собой белый порошок цеолита $(\text{Na}_{86}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}] \cdot x\text{H}_2\text{O})$, расфасованный по 3 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13123–2025

СО УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА ПОР НАНОПОРИСТОГО ЦЕОЛИТА (V Zeolite СО УНИИМ)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений удельного объема пор пористых веществ; поверки и калибровки средств измерений сорбционных характеристик.

СО может использоваться для контроля метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, при соответствии метрологических характеристик СО требованиям программ испытаний.

Область применения: nanoиндустрия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельный объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$.

СО представляет собой белый порошок цеолита $(\text{Na}_{86}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}] \cdot x\text{H}_2\text{O})$, расфасованный по 3 г в стеклянные банки с завинчивающимися крышками и этикетками.

ГСО 13124–2025

СО УДЕЛЬНОЙ ВЫСШЕЙ ЭНЕРГИИ (ТЕПЛОТЫ) СГОРАНИЯ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ (СО УЭС-ПА-2)

СО предназначен для аттестации методик измерений удельной высшей энергии (теплоты) сгорания твердых и жидких топлив, биотоплив, строительных материалов и нефтепродуктов и контроля точности результатов измерений, полученных по методикам (методам) измерений в процессе их применения в соответствии с установленными в них алгоритмами; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, химическая, угольная, коксовая, топливно-энергетическая, металлургическая, строительная промышленность.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: удельная высшая энергия (теплота) сгорания, кДж/кг.

СО представляет собой таблетки бензойной кислоты, расфасованные по 50 штук во флаконы, закрытые завинчивающимися крышками, с этикетками; масса таблетки – не менее 0,8 г.

ГСО 13125–2025/ГСО 13129–2025

СО СОСТАВА АЛЮМИНИЯ ВТОРИЧНОГО И СПЛАВОВ АЛЮМИНИЕВЫХ (набор VSAV2)

СО предназначены для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик

средств измерений (СИ); контроля точности результатов измерений при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений, и аттестации методик измерений, применяемых при определении состава алюминия вторичного (ГОСТ 295–98), сплавов алюминиевых литейных (ГОСТ 1583–93) и сплавов алюминиевых деформируемых (ГОСТ 4784–2019) спектральными и химическими методами анализа при соответствии химического состава СО анализируемым сплавам.

СО могут быть использованы совместно с другими СО состава алюминия или алюминиевых сплавов. СО могут применяться для поверки и калибровки СИ при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки и калибровки СИ; испытаний СИ и СО в целях утверждения типа при условии соответствия их метрологических и технических характеристик критериям, установленным в программах испытаний СИ и СО в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия марки А85 (ГОСТ 11069–2019) с введением примесей в виде двойных лигатур на основе алюминия. СО представляют собой цилиндры диаметром (40–60) мм, высотой (15–25) мм или стружку толщиной (0,1–0,5) мм. СО в виде цилиндров упакованы в индивидуальную упаковку, обеспечивающую сохранность при транспортировке, снабженную этикеткой. На нерабочей поверхности каждого цилиндра выбит индекс СО в наборе. СО в виде стружки массой 50 г расфасованы в индивидуальные упаковки, обеспечивающие сохранность при транспортировке, снабженные этикетками. Количество типов СО в наборе – 5.

ГСО 13130–2025/ГСО 13138–2025

СО СОСТАВА РАСТВОРА СКАНДИЯ (набор Sc СО УНИИМ)

СО предназначены для хранения и передачи единиц «массовая доля компонента», «массовая концентрация компонента»; аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли и массовой концентрации скандия; поверки средств измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки; аттестации эталонов единиц величин; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; контроля метрологических характеристик средств измерений при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: научные исследования, горнодобывающая, горноперерабатывающая, химическая, пищевая промышленность, черная и цветная металлургия, охрана окружающей среды.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля скандия, млн^{-1} (мг/кг); массовая концентрация скандия, мг/дм^3 . СО представляют собой растворы скандия (с массовой долей основного компонента не менее 98,0 %) в азотной кислоте (HNO_3). СО расфасованы в полимерные флаконы (HDPE) с завинчивающимися крышками, с этикетками. Номинальные объемы полимерных флаконов: 30, 60, 125 см^3 . Количество типов СО в наборе – 9.

ГСО 13139–2025

СО СОСТАВА ТИАМИНА ГИДРОХЛОРИДА (ВИТАМИНА В₁)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли тиамина гидрохлорида (витамина В₁) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды.

СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля тиамина гидрохлорида (витамина В₁), %.

СО представляет собой чистое вещество тиамин гидрохлорид (витамин В₁) в виде кристаллического порошка белого или почти белого цвета, расфасованного массой не менее 0,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13140–2025

СО СОСТАВА РИБОФЛАВИНА (ВИТАМИНА В₂)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли рибофлавина (витамина В₂) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды.

СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля рибофлавина (витамина В₂), %.

СО представляет собой чистое вещество рибофлавин (витамин В₂) в виде кристаллического порошка от желтого до оранжевого цвета, расфасованного массой не менее 0,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13141–2025

СО СОСТАВА НИКОТИНАМИДА (ВИТАМИНА В₃)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли никотинамида (витамина В₃) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды. СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля никотинамида (витамина В₃), %.

СО представляет собой чистое вещество никотинамид (витамин В₃, витамин РР) в виде кристаллического порошка белого или почти белого цвета, расфасованного массой не менее 0,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13142–2025

СО СОСТАВА КАЛЬЦИЯ ПАНТОТЕНАТА (ВИТАМИНА В₅)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли кальция пантотената (витамина В₅) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды. СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля кальция пантотената (витамина В₅), %.

СО представляет собой чистое вещество кальций пантотенат (витамина В₅) в виде мелкокристаллического порошка белого цвета, расфасованного массой не менее 0,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13143–2025

СО СОСТАВА ПИРИДОКСИНА ГИДРОХЛОРИДА (ВИТАМИНА В₆)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли пиридоксина гидрохлорида (витамина В₆) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды.

СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля пиридоксина гидрохлорида (витамина В₆), %.

СО представляет собой чистое вещество пиридоксин гидрохлорид (витамин В₆) в виде кристаллического порошка белого или почти белого цвета, расфасованного массой не менее 0,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13144–2025

СО СОСТАВА d-БИОТИНА (ВИТАМИНА В₇)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли d-биотина (витамина В₇) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды.

СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля d-биотина (витамина В₇), %.

СО представляет собой чистое вещество d-биотин (витамин В₇) в виде кристаллического порошка белого цвета, расфасованного массой не менее 0,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13145–2025

СО СОСТАВА ФОЛИЕВОЙ КИСЛОТЫ (ВИТАМИНА В₉)

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли фолиевой кислоты (витамина В₉) в субстанциях, лекарственных препаратах, ветеринарных препаратах и кормах, биологически активных добавках, пищевой продукции, косметической продукции и объектах окружающей среды. СО может применяться для установления и контроля стабильности калибровочной (градуировочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, косметическая промышленность, пищевая промышленность, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля фолиевой кислоты (витамина В₉), %.

СО представляет собой чистое вещество фолиевая кислота (витамин В₉, витамин Вс) в виде кристаллического порошка от желтого до оранжевого цвета, расфасованного не менее 1,5 г во флаконы из темного стекла с завинчивающимися крышками. На каждый флакон наклеена этикетка.

ГСО 13146–2025

СО ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ФИЛЬТРУЕМОСТИ НА ХОЛОДНОМ ФИЛЬТРЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА (ПТФ-ЭК)

СО предназначен для аттестации, валидации и верификации методик измерений, контроля точности результатов измерений предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре дизельного топлива, в том числе по ГОСТ 22254–92, ГОСТ 33755–2016, ГОСТ Р 54269–2010, ГОСТ EN116–2017, ASTM D6371–17a, DIN EN116–2018; контроля метрологических характеристик средств измерений (СИ) при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО может применяться для проверки, калибровки СИ и аттестации испытательного оборудования (ИО) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО требованиям, установленным в методиках проверки, калибровки СИ и аттестации ИО.

Область применения: нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленность.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: предельная температура фильтруемости на холодном фильтре, °С.

Материал СО представляет собой дизельное топливо по ГОСТ 305-2013, ГОСТ 32511-2013, ГОСТ Р 52368-2005 или ТР ТС 013/2011, расфасованное во флаконы из темного стекла или полимерного материала с завинчивающимися крышками и этикетками. Объем материала СО во флаконе – не менее 60, 100, 250 см³.

ГСО 13147-2025
СО ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ
АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ (ТЗ-ЭК)

СО предназначен для аттестации, валидации и верификации методик измерений, контроля точности результатов измерений температуры замерзания авиационных топлив, в том числе по ГОСТ 32402-2022, ГОСТ 33197-2014, ГОСТ 5066-2018, ГОСТ Р 52332-2022, ГОСТ Р 53706-2009, ГОСТ Р 54280-2010, ГОСТ ISO 3013-2016, ISO 3013:1997, ASTM D2386-19, ASTM D5972-16, ASTM D7153-22ae1, ASTM D7154-15 (2021) e1; контроля метрологических характеристик средств измерений (СИ) при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО может применяться для поверки, калибровки СИ и аттестации испытательного оборудования (ИО) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки СИ и аттестации ИО.

Область применения: нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленность.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: температура замерзания, °С.

Материал СО представляет собой авиационное топливо, расфасованное во флаконы из темного стекла или полимерного материала с завинчивающимися крышками и этикетками. Объем материала СО во флаконе – не менее 30, 50, 100, 250 см³.

ГСО 13148-2025
СО ТЕМПЕРАТУРЫ НАЧАЛА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ (ТНК-ЭК)

СО предназначен для аттестации, валидации и верификации методик измерений, контроля точности результатов измерений температуры начала кристаллизации авиационных топлив, в том числе по ГОСТ 5066-2018, ГОСТ ISO 3013-2016, ISO 3013:1997; контроля метрологических характеристик средств измерений (СИ) при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа. СО может применяться для поверки, калибровки СИ и аттестации испытательного оборудования (ИО) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки СИ и аттестации ИО.

Область применения: нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленность.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: температура начала кристаллизации, °С.

Материал СО представляет собой авиационное топливо, расфасованное во флаконы из темного стекла или полимерного материала с завинчивающимися крышками и этикетками. Объем материала СО во флаконе – не менее 30, 50, 100, 250 см³.

ГСО 13149-2025
СО ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМУТНЕНИЯ МОТОРНЫХ
ТОПЛИВ (ТП-ЭК)

СО предназначен для аттестации, валидации и верификации методик измерений, контроля точности результатов измерений температуры помутнения моторных топлив, в том числе по ГОСТ 5066-2018, ISO 3015:2019, ASTM D2500-17a, ASTM D5771-21, ASTM D5772-21, ASTM D5773-21, ASTM D7397-21, ASTM D7683-21, ASTM D7689-21, DIN EN23015-1994; контроля метрологических характеристик средств измерений (СИ) при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО может применяться для поверки, калибровки СИ и аттестации испытательного оборудования (ИО) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки СИ и аттестации ИО.

Область применения: нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленность.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: температура помутнения, °С.

Материал СО представляет собой дизельное топливо по ГОСТ 305-2013, ГОСТ 32511-2013, ГОСТ Р 52368-2005 или ТР ТС 013/2011, расфасованное во флаконы из темного стекла или полимерного материала с завинчивающимися крышками и этикетками. Объем материала СО во флаконе – не менее 30, 50, 100, 250 см³.

ГСО 13150-2025/ГСО 13152-2025
СО ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ
(набор ТПЛ-2-ВНИИМ)

СО предназначены для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений температуры фазовых переходов при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений; контроля метрологических характеристик средств измерений температуры фазовых переходов при их испытаниях, в том числе в целях утверждения типа, и поверки средств измерений температуры фазовых переходов. СО могут применяться для калибровки средств измерений температуры фазовых переходов при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик калибровки; контроля точности результатов измерений и аттестация методик (методов) измерений температуры фазовых переходов полимерных материалов, органических и неорганических веществ; проведения межлабораторных сравнительных (сличительных) испытаний для определения показателей точности и оценки пригодности нестандартизированных методик и проверки квалификации испытательных лабораторий.

Область применения: метрологический надзор, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: температура фазового перехода (температура плавления), °С.

СО представляют собой чистые (не менее 98 %) органические вещества (бифенил, ацетанилид, бензогуанимин), расфасованные в виалы из темного стекла с этикетками. Масса материала СО в виале – не менее 2 г. Набор состоит из трех типов СО.

ГСО 13153–2025

СО СОСТАВА α -КЕТОИЗОЛЕЙЦИНА КАЛЬЦИЕВОЙ СОЛИ

(НЦСО- α -кетонизольцина кальциевая соль)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли α -кетонизольцина кальциевой соли в субстанции α -кетонизольцина кальциевой соли, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит α -кетонизольцина кальциевая соль.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля α -кетонизольцина кальциевой соли, %.

СО представляет собой субстанцию α -кетонизольцина кальциевой соли, белый или почти белый кристаллический порошок, расфасованный по 200 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13154–2025

СО СОСТАВА α -КЕТОЛЕЙЦИНА КАЛЬЦИЕВОЙ СОЛИ (НЦСО- α -кетонизольцина кальциевая соль)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли α -кетонизольцина кальциевой соли в субстанции α -кетонизольцина кальциевой соли, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит α -кетонизольцина кальциевая соль. СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля α -кетонизольцина кальциевой соли, %.

СО представляет собой субстанцию α -кетонизольцина кальциевой соли, белые или почти белые кристаллы или кристаллический порошок, расфасованный по 290 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13155–2025

СО СОСТАВА α -КЕТОФЕНИЛАЛАНИН КАЛЬЦИЕВОЙ СОЛИ

(НЦСО- α -кетонизольцина кальциевая соль)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли

α -кетонизольцина кальциевой соли в субстанции α -кетонизольцина кальциевой соли, фармацевтических препаратах и материалах, в состав которых входит α -кетонизольцина кальциевая соль.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики калибровки.

Область применения: здравоохранение, фармацевтическая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля α -кетонизольцина кальциевой соли, %.

СО представляет собой субстанцию α -кетонизольцина кальциевой соли, белый или почти белый кристаллический порошок, расфасованный по 190 мг во флаконы из темного стекла марки ОС или ОС-1 с кримповыми крышками. Каждый флакон снабжается этикеткой и помещается в полиэтиленовый пакет.

ГСО 13156–2025

СО СОСТАВА СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ МАГНИЙ (Al-Mg) (СО 5000–1 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО могут быть использованы совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО могут быть использованы для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий магний (Al-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 5000–1 mhd).

ГСО 13157–2025

СО СОСТАВА СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ МАГНИЙ (Al-Mg) (СО 5000–2 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик

средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО могут быть использованы совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО могут быть использованы для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий магний (Al-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 5000–2 mhd).

ГСО 13158–2026

СО СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ (Al-Mg) (СО 5000–3 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО могут быть использованы совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО могут быть использованы для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий-магний (Al-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 5000–3 mhd).

ГСО 13159–2026

СО СОСТАВА СПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МЕДЬ-МАГНИЙ (Al-Cu-Mg) (СО 2000–1 mhd)

СО предназначен для установления и контроля стабильности градуировочных (калибровочных) характеристик средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

СО могут быть использованы совместно с другими СО состава сплавов алюминиевых деформируемых. СО могут быть использованы для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сплавов алюминиевых деформируемых марок по ГОСТ 4784–2019 системы алюминий-медь-магний (Al-Cu-Mg) при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в методиках измерений; контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия метрологических и технических характеристик СО критериям, установленным в программах испытаний.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля элементов, %.

Материал СО изготовлен методом плавления из алюминия первичного марки А85 по ГОСТ 11069–2019 с введением элементов в виде чистых металлов или двойных лигатур на основе алюминия. СО представляет собой монолитный цилиндр диаметром (60 ± 2) мм, высотой (40 ± 5) мм. СО упакован в полиэтиленовый пакет с этикеткой. На нерабочую поверхность СО нанесен индекс (СО 2000–1 mhd).

ГСО 13160–2026

СО СОСТАВА ХЛОРИДА АММОНИЯ (NH₄Cl СО УНИИМ)

СО предназначен для хранения и передачи единицы «массовая доля компонента» СО и химическим реактивам; поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики СИ; аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой доли и массовой (молярной) концентрации компонента в жидких и твердых веществах и материалах; аттестации эталонов единиц величин; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: охрана окружающей среды, цветная и черная металлургия, фармацевтическая промышленность, пищевая промышленность, научные исследования, испытания и контроль качества продукции.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля хлорида аммония, %; массовая доля хлорид-ионов, %; массовая доля ионов аммония, %; массовая доля азота, %.

СО представляет собой белый кристаллический порошок хлорида аммония, расфасованный в пластиковые флаконы

вместимостью 30 или 50 см³, массой от 5 до 50 г материала СО. Каждый экземпляр СО снабжен этикеткой и помещен в полиэтиленовый зиплок-пакет.

ГСО 13161–2026
СО МАССОВЫХ ДОЛЕЙ ФТОРА И ХЛОРА
В КАМЕННОМ УГЛЕ (GBW(E)110109)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовых долей фтора и хлора при определении состава угля каменного.

СО может применяться для поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки, программах испытаний СИ; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: угольная промышленность, химическая промышленность, черная металлургия и другие отрасли промышленности; научные исследования.

Способ аттестации: межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля фтора, млн⁻¹ (мкг/г); массовая доля хлора, %.

СО представляет собой порошок угля каменного, расфасованный по 50 г в герметично упакованную стеклянную банку, на которую наклеена этикетка, с пластиковой крышкой. Банка помещена в пластиковый контейнер для безопасности хранения и транспортировки, на котором присутствует этикетка.

ГСО 13162–2026
СО МАССОВЫХ ДОЛЕЙ ФТОРА И ХЛОРА
В КАМЕННОМ УГЛЕ (GBW(E)110110)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовых долей фтора и хлора при определении состава угля каменного.

СО может применяться для поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки, программах испытаний СИ; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: угольная промышленность, химическая промышленность, черная металлургия и другие отрасли промышленности; научные исследования.

Способ аттестации: межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля фтора, млн⁻¹ (мкг/г); массовая доля хлора, %.

СО представляет собой порошок угля каменного, расфасованный по 50 г в герметично упакованную стеклянную банку, на которую наклеена этикетка, с пластиковой крышкой. Банка помещена в пластиковый контейнер для безопасности хранения и транспортировки, на котором присутствует этикетка.

ГСО 13163–2026
СО МАССОВОЙ ДОЛИ ХЛОРА В КАМЕННОМ
УГЛЕ (GBW11118a)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли хлора при определении состава угля каменного.

СО может применяться для поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки, программах испытаний СИ; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: угольная промышленность, химическая промышленность, черная металлургия и другие отрасли промышленности; научные исследования.

Способ аттестации: межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля хлора, %. СО представляет собой порошок угля каменного, расфасованный по 50 г в герметично упакованную стеклянную банку, на которую наклеена этикетка, с пластиковой крышкой. Банка помещена в пластиковый контейнер для безопасности хранения и транспортировки, на котором присутствует этикетка.

ГСО 13164–2026
СО МАССОВОЙ ДОЛИ ХЛОРА В КАМЕННОМ
УГЛЕ (GBW111120a)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли хлора при определении состава угля каменного.

СО может применяться для поверки, калибровки средств измерений (СИ), контроля метрологических характеристик при проведении испытаний СИ, в том числе в целях утверждения типа, при условии соответствия СО обязательным требованиям, установленным в методиках поверки, калибровки, программах испытаний СИ; установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений.

Область применения: угольная промышленность, химическая промышленность, черная металлургия и другие отрасли промышленности; научные исследования.

Способ аттестации: межлабораторный эксперимент.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля хлора, %.

СО представляет собой порошок угля каменного, расфасованный по 50 г в герметично упакованную стеклянную банку, на которую наклеена этикетка, с пластиковой крышкой. Банка помещена в пластиковый контейнер для безопасности хранения и транспортировки, на котором присутствует этикетка.

ГСО 13165–2026/ГСО 13170–2026
СО МАССОВОЙ ДОЛИ ХЛОРА
В НЕФТЕПРОДУКТАХ (набор СО ХНВ-ПА)

СО предназначены для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений массовой доли хлора, выполняемой по ГОСТ Р 52247–2021 (метод В) или по ГОСТ 33342–2015 (метод В).

Область применения: нефтехимическая, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленность.

Способ аттестации: расчетно-экспериментальный.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля хлора, млн^{-1} (мг/кг).

СО представляют собой раствор хлорбензола и металлоорганического соединения висмута в светлом нефтепродукте (массовая доля висмута в материале СО составляет 455 млн^{-1} (мг/кг)), расфасованный во флакон с этикеткой; объем материала во флаконе составляет не менее 5, 50, 100 см^3 или не менее 250 см^3 .

ГСО 13171–2026

СО СОСТАВА МУКИ СВЕРЧКА ДОМОВОГО (СО *Acheta Domesticus*)

СО предназначен для калибровки средств измерений массовой доли азота, белка в продовольственном и кормовом сырье, полученном из сверчка домашнего (*Acheta Domesticus*); контроля точности результатов измерений массовой доли азота, белка в продовольственном и кормовом сырье, полученном из сверчка домашнего (*Acheta Domesticus*).

СО может применяться при установлении характеристик методик идентификации видовой принадлежности муки сверчка домашнего (*Acheta Domesticus*) в продовольственном сырье, полученном из насекомых, а также в пищевой продукции и продовольственном сырье; при установлении метрологических характеристик методик измерений массовой доли муки сверчка домашнего (*Acheta Domesticus*) в пищевой продукции и продовольственном сырье; для других видов метрологического контроля при соответствии метрологических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: пищевая и сельскохозяйственная промышленность, оценка соответствия, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля азота, %; массовая доля белка, %.

СО представляет собой сухой лиофилизированный порошок, приготовленный из обезжиренной муки сверчка домашнего (*Acheta Domesticus*), расфасованный массой от 10 до 40 мг в вials с герметичными кримповыми крышками. Вialа снабжается этикеткой и упаковывается в полиэтиленовый зиплок-пакет или герметично запаиваемый полиэтиленовый пакет. Материал СО идентифицирован методом проверки соответствия нуклеотидной последовательности гена *cytochrome oxidase subunit 1*, представленной в базе данных NCBI <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/KR919588.1> (гомологичность – не менее 99 %).

ГСО 13172–2026/ГСО 13176–2026

СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ И ТОЛЩИНЫ ЗОЛОТОГО ПОКРЫТИЯ С ПОДСЛОЕМ НИКЕЛЯ НА СТАЛИ (набор СО УНИИМ З/Н/С)

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; поверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий; контроля метрологических

характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО могут применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных эталонных измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, г/м^2 ; толщина покрытия, мкм.

Основание СО изготовлено из стали марки 40Х13 по ГОСТ 5949–2018 в виде диска диаметром ($25,0 \pm 0,1$) и ($30,0 \pm 0,1$) мм, высотой ($10,0 \pm 0,1$) мм. Золотое покрытие из сплава золото-никель (с массовой долей золота не менее 99,9 % и никеля не более 0,1 %) нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305–84. Никелевое покрытие нанесено из никеля марки НПА1 по ГОСТ 492–2006 способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305–84. Аттестованное значение поверхностной плотности покрытия установлено в центре образца на рабочей площадке, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО в наборе и номера СО в ФИФ ОЕИ. СО уложены в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении. Количество типов СО в наборе – 5.

ГСО 13177–2026/ГСО 13178–2026

СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ И ТОЛЩИНЫ ОЛОВЯННОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕДИ (набор СО УНИИМ О/М)

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; поверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий; контроля метрологических характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО могут применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики установок и СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных эталонных измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, г/м^2 ; толщина покрытия, мкм.

Основание СО изготовлено из меди марки М1 по ГОСТ 859–2014 в виде диска диаметром ($30,0 \pm 0,1$) мм, высотой ($1,0 \pm 0,1$) мм. Покрытие из олова марки О1 по ГОСТ 860–75 нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305–84. Аттестованные значения поверхностной плотности и толщины покрытия установлены в центре образца на рабочей площадке, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО в наборе

и номера СО в ФИФ ОЕИ. СО уложены в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении. Количество типов СО в наборе – 2.

**ГСО 13179–2025/ГСО 13180–2025
СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ
И ТОЛЩИНЫ ОЛОВЯННОГО ПОКРЫТИЯ
НА СТАЛИ (набор СО УНИИМ ОЛ/СТ)**

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; проверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий, контроля метрологических характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО могут применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики установок и СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, г/м²; толщина покрытия, мкм.

Основание СО изготовлено из стали марки Ст20 по ГОСТ 5949–2018 в виде диска диаметром (25,0 ± 0,1) мм, высотой (1,0 ± 0,1) мм. Покрытие из олова марки О1 по ГОСТ 860–75 нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305–84. Аттестованные значения поверхностной плотности и толщины покрытия установлены в центре образца на рабочей площади, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО в наборе и номера СО в ФИФ ОЕИ. СО уложены в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении. Количество типов СО в наборе – 2.

**ГСО 13181–2026
СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ
И ТОЛЩИНЫ НИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ
НА МЕДИ (СО УНИИМ Н/М)**

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; проверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий, контроля метрологических характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО может применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики установок и СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений. СО может быть использован совместно с другими СО поверхностной плотности и толщины покрытий.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, г/м²; толщина покрытия, мкм.

Основание СО изготовлено из меди марки М1 по ГОСТ 859-2014 в виде диска диаметром (30,0 ± 0,1) мм, высотой (1,0 ± 0,1) мм. Покрытие из никеля марки НПА-1 по ГОСТ 2132–2015 нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305–84. Аттестованные значения поверхностной плотности и толщины покрытия установлены в центре образца на рабочей площади, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО и номера СО в ФИФ ОЕИ. СО уложен в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении.

**ГСО 13182–2026
СО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ
И ТОЛЩИНЫ МЕДНОГО ПОКРЫТИЯ
НА СТАЛИ (СО УНИИМ М/СТ)**

СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений поверхностной плотности и толщины гальванических покрытий; проверки и калибровки средств измерений (СИ) поверхностной плотности и толщины покрытий; контроля метрологических характеристик СИ при проведении их испытаний, в том числе в целях утверждения типа.

СО может применяться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики установок и СИ поверхностной плотности и толщины покрытий при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методик измерений. СО может быть использован совместно с другими СО поверхностной плотности и толщины покрытий.

Область применения: метрологический надзор, электротехническая промышленность, научные исследования.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин, применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: поверхностная плотность покрытия, г/м²; толщина покрытия, мкм.

Основание СО изготовлено из стали марки Ст20 по ГОСТ 5949–2018 в виде диска диаметром (25,0 ± 0,1) мм, высотой (1,0 ± 0,1) мм. Покрытие из меди марки М1 по ГОСТ 859-2014 нанесено способом катодного восстановления по ГОСТ 9.305–84. Аттестованные значения поверхностной плотности и толщины покрытия установлены в центре образца на рабочей площади, ограниченной окружностью диаметром 10 мм. На нерабочую сторону СО наклеена этикетка с указанием индекса СО и номера СО в ФИФ ОЕИ. СО уложен в футляр с гнездами и этикеткой, обеспечивающий сохранность и надежную фиксацию при транспортировании и хранении.

**ГСО 13183–2026
СО СОСТАВА МОНТЕЛУКАСТА НАТРИЯ
(МЭ3-188)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений

массовой доли монтелукаста натрия в материалах, лекарственных средствах, пищевых продуктах, кормах для животных, объектах окружающей среды.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, научные исследования, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля монтелукаста натрия в пересчете на безводное вещество, %. СО представляет собой субстанцию монтелукаста натрия, белый или почти белый порошок, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13184–2026

СО СОСТАВА АЗИЛСАРТАНА КАМЕДОКСОМИЛА (МЭЗ-195)

СО **предназначен** для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений массовой доли азилсартана камедоксомила в материалах, лекарственных средствах, объектах окружающей среды.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, научные исследования, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля азилсартана камедоксомила, %.

СО представляет собой субстанцию азилсартана камедоксомила, белый или почти белый порошок, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13185–2026

СО СОСТАВА АРТИКАИНА ГИДРОХЛОРИДА (МЭЗ-198)

СО **предназначен** для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений массовой доли артикаина гидрохлорида в материалах, лекарственных средствах, объектах окружающей среды.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, ветеринарная промышленность, научные исследования, охрана окружающей среды, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля артикаина гидрохлорида, %.

СО представляет собой субстанцию артикаина гидрохлорида, от белого до белого с желтовато-зеленоватым оттенком кристаллический порошок, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13186–2026

СО СОСТАВА МЕПИВАКАИНА ГИДРОХЛОРИДА (МЭЗ-199)

СО **предназначен** для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений массовой доли мепивакаина гидрохлорида в материалах, лекарственных средствах, пищевых продуктах, кормах для животных, косметической продукции, объектах окружающей среды.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, ветеринарная промышленность, косметическая промышленность, охрана окружающей среды, научные исследования, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля мепивакаина гидрохлорида, %.

СО представляет собой субстанцию мепивакаина гидрохлорида, белый или почти белый кристаллический порошок, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13187–2026 СО СОСТАВА МЕСНЫ (МЭЗ-200)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений массовой доли месны в материалах, лекарственных средствах, пищевых продуктах, кормах для животных, объектах окружающей среды.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, научные исследования, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации, охрана окружающей среды.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля месны, %.

СО представляет собой субстанцию месны, белый или желтоватый кристаллический порошок, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13188–2026 СО СОСТАВА МЕТИЛЭФЕДРИНА ГИДРОХЛОРИДА (МЭЗ-205)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений массовой доли метилэфедрина гидрохлорида в материалах, лекарственных средствах.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, научные исследования, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля метилэфедрина гидрохлорида, %.

СО представляет собой субстанцию метилэфедрина гидрохлорида, белый или почти белый кристаллический порошок или игольчатые кристаллы, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13189–2026 СО СОСТАВА БУТОРФАНОЛА ТАРТРАТА (МЭЗ-206)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений и аттестации, валидации методик измерений массовой доли буторфанола тартрата в материалах, лекарственных средствах, объектах окружающей среды.

СО может использоваться для установления и контроля стабильности градуировочной (калибровочной) характеристики средств измерений при соответствии метрологических характеристик СО требованиям методики измерений; калибровки средств измерений при условии соответствия требованиям методик калибровки; характеристики СО, материалов; проведения межлабораторных сличений; подтверждения степени эквивалентности результатов измерений двух или более лабораторий.

Область применения: фармацевтическая промышленность, здравоохранение, ветеринарная промышленность, охрана окружающей среды, научные исследования, судебно-медицинская экспертиза, судебная экспертиза, производимая в экспертно-криминалистических подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля буторфанола тартрата, %.

СО представляет собой субстанцию буторфанола тартрата, белый или почти белый порошок, расфасованный массой от 100 до 500 мг во флаконы темного стекла с обжимными колпачками, помещенные в зиплок-пакет. Флакон и зиплок-пакет снабжены этикетками.

ГСО 13190–2026 СО МАССОВОЙ ДОЛИ НИОБИЯ В СПЛАВЕ ЦИРКОНИЯ (СО Э110 Nb)

СО предназначен для контроля точности результатов измерений при определении массовой доли ниобия в сплавах циркония (ТУ 95 166–98) по аттестованным методикам измерений атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой, рентгенофлуоресцентным и фотометрическим методами; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических и технических характеристик СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля ниобия, %.

СО представляет собой стружку серо-стального цвета, изготовленную из сплава циркония марки Э110 (ТУ 95 166–98), выпускаемого АО ЧМЗ, расфасованную массой по 800 г в стеклянные банки с этикетками и завинчивающимися крышками.

ГСО 13191–2026**СО МАССОВОЙ ДОЛИ НИОБИЯ В СПЛАВЕ ЦИРКОНИЯ (СО Э125 Nb)**

СО предназначен для контроля точности результатов измерений при определении массовой доли ниобия в сплавах циркония (ТУ 95 166–98) по аттестованным методикам измерений атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой, рентгенофлуоресцентным и фотометрическим методами; других видов метрологического контроля при соответствии метрологических и технических СО требованиям процедур метрологического контроля.

Область применения: цветная металлургия.

Способ аттестации: использование государственных эталонов единиц величин.

Аттестованная характеристика СО: массовая доля ниобия, %.

СО представляет собой стружку серо-стального цвета, изготовленную из сплава циркония марки Э125 (ТУ 95 166–98), выпускаемого АО ЧМЗ, расфасованную массой по 700 г в стеклянные банки с этикетками и завинчивающимися крышками.

ГСО 13192–2026**СО МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГИДРОКАРБОНАТ-ИОНОВ (ГК-ЭК)**

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений массовой концентрации гидрокарбонат-ионов в питьевых, природных и сточных водах по ГОСТ 31957–2012, ПНД Ф 14.1:2:3:4.242–2007, ПНД Ф 14.1:2:3.99–97, РД 52.24.493–2020.

Область применения: гидрометеорология, санэпидемнадзор, здравоохранение, охрана окружающей среды, испытания и контроль качества продукции.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: массовая концентрация гидрокарбонат-ионов, г/дм³.

Материал СО представляет собой водный раствор натрия углекислого кислого, расфасованный объемом не менее 40 см³ в полимерные флаконы с завинчивающимися крышками или объемом не менее 5 см³ в запаянные стеклянные ампулы. На ампулы (флаконы) наклеены этикетки.

ГСО 13193–2025**СО ОБЩЕЙ ЩЕЛОЧНОСТИ ВОДЫ (ОЩ-ЭК)**

СО предназначен для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений общей щелочности в питьевых, природных и сточных водах по ГОСТ 31957–2012, ПНД Ф 14.1:2:3:4.242–2007, ПНД Ф 14.1:2:3.99–97, РД 52.24.493–2020, ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.31–2002, РД 52.10.743–2020, РД 34.37.523.7–88, ISO 9963–1:1994, ISO 22719:2008, ASTM D1067–2016, ASTM D3875–2015.

Область применения: гидрометеорология, санэпидемнадзор, здравоохранение, охрана окружающей среды, испытания и контроль качества продукции.

Способ аттестации: применение аттестованных методик измерений.

Аттестованная характеристика СО: общая щелочность, ммоль/дм³.

Материал СО представляет собой водный раствор натрия углекислого, расфасованный объемом не менее 10 или 40 см³ в полимерные флаконы с завинчивающимися крышками или объемом не менее 5 см³ в запаянные стеклянные ампулы. На ампулы (флаконы) наклеены этикетки.

СВЕДЕНИЯ О СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦАХ УТВЕРЖДЕННЫХ ТИПОВ, В КОТОРЫЕ БЫЛИ ВНЕСЕНЫ ИЗМЕНЕНИЯ В ЧАСТИ СРОКА ДЕЙСТВИЯ УТВЕРЖДЕННОГО ТИПА СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА

В. В. Сулова ✉

Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал ФГУП «ВНИИМ
им. Д. И. Менделеева», г. Екатеринбург, Россия
✉ gosreestr_so@uniim.ru

В соответствии с требованиями Приказа Минпромторга России № 2905¹, решение о внесении изменений в сведения в части срока действия утвержденного типа стандартных образцов (СО) принимает Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) на основании заявления правообладателя² утвержденного типа СО. К заявлению прилагается заключение по результатам рассмотрения конструкторской, технологической и (или) технической документации СО, подтверждающее, что изменения в конструкторскую, технологическую и (или) техническую документацию СО не вносились и сведения об утвержденном типе СО, содержащиеся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ), соответствуют технической документации СО. Заявление при внесении изменений в сведения в части срока действия утвержденного типа СО подается не менее чем за 30 рабочих дней до окончания срока действия утвержденного типа СО. Решение о внесении изменений в сведения об утвержденном типе СО принимается Росстандартом в форме Приказа с продлением срока действия на последующие 5 лет с даты окончания действия утвержденного типа СО.

В свободном доступе подробные сведения об утвержденных типах СО можно посмотреть в разделе «Утвержденные типы стандартных образцов» ФИФ ОЕИ по ссылке <https://fgis.gost.ru/> на сайте ФГИС Росстандарта.

Таблица 1. СО утвержденного типа, в сведения о которых внесены изменения в части срока действия СО с сентября 2025-го по февраль 2026 г.

Регистрационный номер СО	Наименование СО	Производство	Действует до
<i>Приказ Росстандарта № 1917 от 09.09.2025</i>			
ГСО 8784-2006	СО пористости и плотности песчаных и кальцитовых горных пород, пересеченных скважиной (комплект № 1 ГУП ЦМИ «Урал-Гео»)	единичное	01.10.2035
ГСО 11624-2020	СО состава руды золото содержащей месторождения «Александра» (IRG-79–2020)	единичное	06.11.2030
ГСО 11625-2020	СО Составы руды золото содержащей месторождения «Адуляровское» (IRG-80–2020)	единичное	06.11.2030
<i>Приказ Росстандарта № 1959 от 15.09.2025</i>			
ГСО 10642-2015	СО состава искусственной газовой смеси в воздухе (Air-Ц-1)	серийное	16.10.2030
ГСО 10643-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -Ц-1)	серийное	16.10.2030
ГСО 10644-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -Ц-2)	серийное	16.10.2030
ГСО 10645-2015	СО состава искусственной газовой смеси CH ₄ /воздух	серийное	16.10.2030
<i>Приказ Росстандарта № 1993 от 18.09.2025</i>			
ГСО 10893-2017	СО состава и свойств угля каменного марки ГЖО (СО-41)	единичное	29.05.2030
ГСО 10895-2017	СО состава и свойств угля каменного марки Г (СО-43)	единичное	29.05.2030
<i>Приказ Росстандарта № 2082 от 29.09.2025</i>			
ГСО 11604-2020	СО состава водного раствора этанола (ВНИИМ-ЭС-ВРЭ)	серийное	27.11.2030
ГСО 11605-2020	СО состава водного раствора этанола (НН-ВРЭ)	серийное	27.11.2030
ГСО 10728-2015	СО состава искусственной газовой смеси инертных, постоянных и углеводородных газов (ИПУ-ТН-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 11631-2020	СО состава доксициклина гиклата	серийное	28.12.2030
ГСО 11632-2020	СО состава тилозина тартрата	серийное	28.12.2030
ГСО 11596-2020	СО состава атропина сульфата (МЭЗ-009)	серийное	27.11.2030
ГСО 11597-2020	СО состава транексамовой кислоты (МЭЗ-013)	серийное	27.11.2030
ГСО 11598-2020	СО состава фенобарбитала (МЭЗ-015)	серийное	27.11.2030
ГСО 11599-2020	СО состава морфина гидрохлорида тригидрата (МЭЗ-016)	серийное	27.11.2030
ГСО 11600-2020	СО состава амитриптилина гидрохлорида (МЭЗ-020)	серийное	27.11.2030
ГСО 11601-2020	СО состава тримеперидина гидрохлорида (МЭЗ-023)	серийное	27.11.2030
ГСО 11602-2020	СО состава оксибутирата натрия (МЭЗ-024)	серийное	27.11.2030
ГСО 11603-2020	СО состава золпидема тартрата (МЭЗ-025)	серийное	27.11.2030
<i>Приказ Росстандарта № 2209 от 14.10.2025</i>			
ГСО 10703-2015	СО состава искусственной газовой смеси в воздухе (Air-МЗ-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10704-2015	СО состава искусственной газовой смеси в воздухе (Air-МЗ-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10705-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -МЗ-0)	серийное	19.11.2030

Регистрационный номер СО	Наименование СО	Производство	Действует до
ГСО 10706-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -МЗ-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10707-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -МЗ-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10708-2015	СО состава искусственной газовой смеси в гелии (He-МЗ-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10709-2015	СО состава искусственной газовой смеси в гелии (He-МЗ-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10710-2015	СО состава искусственной газовой смеси в аргоне (Ar-МЗ-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10711-2015	СО состава искусственной газовой смеси на основе постоянных газов (ПГ-МЗ-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10712-2015	СО состава искусственной газовой смеси в аргоне (Ar-НК-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10713-2015	СО состава искусственной газовой смеси в аргоне (Ar-НК-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10714-2015	СО состава искусственной газовой смеси в воздухе (Air-НК-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10715-2015	СО состава искусственной газовой смеси в воздухе (Air-НК-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10716-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -НК-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10717-2015	СО состава искусственной газовой смеси в азоте (N ₂ -НК-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10718-2015	СО состава искусственной газовой смеси в гелии (He-НК-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 10719-2015	СО состава искусственной газовой смеси в гелии (He-НК-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10720-2015	СО состава искусственной газовой смеси в водороде (H ₂ -НК-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10721-2015	СО состава искусственной газовой смеси в метане (CH ₄ -НК-2)	серийное	19.11.2030
ГСО 10722-2015	СО состава искусственной газовой смеси инертных, постоянных и углеводородных газов (ИПУ-НК-1)	серийное	19.11.2030
<i>Приказ Росстандарта № 2213 от 14.10.2025</i>			
ГСО 10730-2015	СО состава раствора ионов металлов (СО ВРК-ПА-1)	серийное	19.11.2030
ГСО 9819-2011	СО массовой доли серы в нефтепродуктах (СО СН-ПА-1)	серийное	18.12.2030
ГСО 9820-2011	СО массовой доли серы в нефтепродуктах (СО СН-ПА-2)	серийное	18.12.2030
ГСО 9821-2011	СО плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-1)	серийное	18.12.2030
ГСО 9822-2011	СО плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-2)	серийное	18.12.2030
ГСО 9823-2011	СО плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-3)	серийное	18.12.2030
ГСО 9824-2011	СО плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-4)	серийное	18.12.2030
ГСО 11686-2021	СО плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-5)	серийное	10.03.2031
ГСО 9825-2011	СО массовой доли механических примесей в нефтепродуктах (СО МПН-ПА-1)	серийное	18.12.2030
ГСО 9826-2011	СО массовой доли механических примесей в нефтепродуктах (СО МПН-ПА-2)	серийное	18.12.2030
ГСО 9829-2011	СО массовой доли воды в нефтепродуктах (СО ВН-ПА)	серийное	18.12.2030
ГСО 9831-2011	СО температуры вспышки нефтепродуктов в закрытом тигле (СО ТВЗТ-ПА-2)	серийное	30.12.2030

Регистрационный номер СО	Наименование СО	Производство	Действует до
ГСО 10741-2016	СО массовой доли хлорорганических соединений в нефти (имитатор) (СО ХН-ПА)	серийное	18.12.2030
ГСО 10745-2016	СО массовой доли фосфора в нефтепродуктах (СО ФН-ПА)	серийное	30.12.2030
ГСО 10697-2015	СО состава искусственной газовой смеси химически активных газов (ХА-Л-1)	серийное	20.11.2030
ГСО 10698-2015	СО состава искусственной газовой смеси химически активных газов (ХА-Л-2)	серийное	20.11.2030
ГСО 10699-2015	СО состава искусственной газовой смеси инертных, постоянных и углеводородных газов (ИПУ-Л-0)	серийное	20.11.2030
ГСО 10700-2015	СО состава искусственной газовой смеси инертных, постоянных и углеводородных газов (ИПУ-Л-1)	серийное	20.11.2030
ГСО 10701-2015	СО состава искусственной газовой смеси инертных, постоянных и углеводородных газов (ИПУ-Л-2)	серийное	20.11.2030
ГСО 10702-2015	СО состава искусственной газовой смеси – имитатор природного газа (ИПГ-Л-1)	серийное	20.11.2030
ГСО 11606-2020	СО состава водного раствора аденозинтрифосфата натрия	серийное	27.11.2030
ГСО 10669-2015	СО состава форменных элементов крови-гематологический контроль (комплект ГК-ВНИИМ)	серийное	13.11.2030
ГСО 10723-2015	СО состава и свойств тощего угля (УТ-ВНИИМ)	серийное	13.11.2030
<i>Приказ Росстандарта № 2247 от 21.10.2025</i>			
ГСО 8743-2006	СО состава цинка (комплект VSZ1)	единичное	09.01.2036
<i>Приказ Росстандарта № 2249 от 21.10.2025</i>			
ГСО 11633-2020	СО состава метилпарабена (МЭЗ-017)	серийное	28.12.2030
ГСО 11634-2020	СО состава пароксетина гидрохлорида гемигидрата (МЭЗ-018)	серийное	28.12.2030
ГСО 11635-2020	СО состава хлоробутанола гемигидрата (МЭЗ-021)	серийное	28.12.2030
ГСО 11636-2020	СО состава фентанила (МЭЗ-022)	серийное	28.12.2030
ГСО 11637-2020	СО состава клоназепам (МЭЗ-026)	серийное	28.12.2030
ГСО 11638-2020	СО состава мидазолама (МЭЗ-027)	серийное	28.12.2030
ГСО 11682-2021	СО состава пропранолола гидрохлорида (НЦСО-Пропранолол)	серийное	24.02.2031
ГСО 11691-2021	СО состава эналаприла малеата (НЦСО-Эналаприл)	серийное	18.03.2031
<i>Приказ Росстандарта № 2354 от 31.10.2025</i>			
ГСО 8745-2006	СО состава месторождения железной руды, пересеченного скважиной	единичное	01.02.2036
ГСО 9899-2011	СО состава никеля (ННМГ-1)	единичное	31.01.2031
ГСО 10764-2016	СО состава оксида кобальта (комплект ДОК)	единичное	01.05.2036
<i>Приказ Росстандарта № 2435 от 13.11.2025</i>			
ГСО 11626-2020	СО pH водной вытяжки нефтепродуктов (ВКЩ-01-СХ)	серийное	28.12.2030
ГСО 11627-2020	СО pH водной вытяжки нефтепродуктов (ВКЩ-02-СХ)	серийное	28.12.2030

Регистрационный номер СО	Наименование СО	Производство	Действует до
ГСО 11628-2020	СО рН водной вытяжки нефтепродуктов (ВКЩ-03-СХ)	серийное	28.12.2030
ГСО 10825-2016	СО состава меламина (СМ СО УНИИМ)	серийное	30.12.2030
ГСО 11687-2021	СО состава филе минтая сублимационной сушки (РП-1 СО УНИИМ)	серийное	10.03.2031
ГСО 11639-2020	СО газовой смеси на основе азота (АМ-М)	серийное	28.12.2030
ГСО 11640-2020	СО газовой смеси на основе гелия (ГМ-М)	серийное	28.12.2030
ГСО 11641-2020	СО газовой смеси на основе оксида диазота (ОДМ-М)	серийное	28.12.2030
ГСО 11642-2020	СО состава газовой смеси на основе диоксида углерода (ДУМ-М)	серийное	28.12.2030
ГСО 11643-2020	СО состава газовой смеси на основе гелия и азота (ГАМ-М-1)	серийное	28.12.2030
ГСО 11644-2020	СО состава газовой смеси на основе гелия и азота (ГАМ-М-2)	серийное	28.12.2030
<i>Приказ Росстандарта № 2542 от 24.11.2025</i>			
ГСО 11662-2020/ ГСО 11665-2020	СО низшей объемной энергии сгорания газов (набор НОЭС ВНИИМ)	серийное	30.12.2030
ГСО 11683-2021	СО молярной концентрации глюкозы в растворе (комплект РГ)	серийное	24.02.2031
<i>Приказ Росстандарта № 2819 от 22.12.2025</i>			
ГСО 10760-2016	СО состава дибенз-1,4-оксазепина	серийное	06.05.2031
ГСО 10761-2016	СО состава хлорацетофенона	серийное	06.05.2031
ГСО 10762-2016	СО состава 2-хлорбензилиденмалодинитрила	серийное	06.05.2031
ГСО 11671-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-80-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11672-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-110-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11673-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-130-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11674-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-150-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11675-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-190-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11676-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-230-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11677-2021	СО температуры вспышки нефтепродуктов в открытом тигле (ТВОТ-280-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11678-2021	СО фракционного состава нефти (ФС-Н-СХ)	серийное	26.02.2031
ГСО 11679-2021	СО фракционного состава бензина (ФС-Б-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11680-2021	СО фракционного состава дизельного топлива (ФС-ДТ-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11681-2021	СО фракционного состава топлива для реактивных двигателей (ФС-РТ-СХ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11684-2021	СО состава и свойств бензина автомобильного (БА-УРАЛТЕСТ)	серийное	24.02.2031
ГСО 11685-2021	СО состава и свойств дизельного топлива (ДТ-УРАЛТЕСТ)	серийное	24.02.2031

Регистрационный номер СО	Наименование СО	Производство	Действует до
ГСО 11778-2021	СО состава витамина А (ретинола пальмитата)	серийное	17.12.2031
ГСО 11779-2021	СО состава витамина D ₃ (холекальциферола)	серийное	17.12.2031
ГСО 11780-2021	СО состава витамина Е (альфа-токоферола ацетата)	серийное	17.12.2031
<i>Приказ Росстандарта № 2873 от 25.12.2025</i>			
ГСО 11692-2021	СО состава биспролола fumarата (НЦСО-Биспролол)	серийное	18.03.2031
ГСО 11693-2021	СО состава клопидогрела гидросульфата (НЦСО-Клопидогрел)	серийное	18.03.2031
<i>Приказ Росстандарта № 197 от 03.02.2026</i>			
ГСО 10834-2016	СО изотопного состава никеля в азотнокислом растворе (⁵⁸ NiСО УНИИМ)	серийное	25.11.2031
ГСО 10835-2016	СО изотопного состава свинца в азотнокислом растворе (²⁰⁸ PbСО УНИИМ)	серийное	25.11.2031
ГСО 10753-2016	СО фосфазида (СО Никавир® «АЗТ ФАРМА К.Б.»)	серийное	19.04.2031
ГСО 10750-2016	СО фракционного состава бензина (СО ФС-Б-ПА)	серийное	19.04.2031
ГСО 10751-2016	СО фракционного состава реактивного топлива (СО ФС-РТ-ПА)	серийное	19.04.2031
ГСО 10752-2016	СО фракционного состава дизельного топлива (СО ФС-ДТ-ПА)	серийное	19.04.2031
ГСО 10759-2016	СО кислотного числа нефтепродуктов (СО КЧ-ПА)	серийное	06.05.2031
ГСО 10765-2016	СО свойств нефтяного битума (СО БИТ-ПА)	серийное	18.05.2031
ГСО 10801-2016	СО массовой доли общего осадка в остаточных топливах (имитатор) (СО ООТ-ПА)	серийное	30.08.2031
ГСО 10817-2016	СО состава минерального удобрения (СО СМУ-ПА)	серийное	26.09.2031
<i>Приказ Росстандарта № 237 от 12.02.2026</i>			
ГСО 10766-2016	СО состава дигидрокверцетина (ГСО-ДКВ-АМЕТИС)	серийное	25.05.2031

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

Журнал «Эталоны. Стандартные образцы» до 2020 года
именовался «Стандартные образцы»

Журнал публикует результаты фундаментальных и прикладных исследований в области метрологии и смежных наук, связанных с вопросами стандартных образцов, на территории Российской Федерации и за рубежом. Приоритетная задача состоит в создании открытой площадки для обмена информацией, отражающей научные взгляды, результаты и достижения фундаментальных и прикладных исследований. К публикации принимаются передовые и оригинальные статьи, материалы аналитического, научно-исследовательского, научно-методического, консультативного и информационного характера; переводы опубликованных в зарубежных журналах статей при согласии правообладателя на перевод и публикацию; обзоры; комментарии и отчеты о мероприятиях. В журнале может быть опубликован любой автор, независимо от места проживания, национальности и наличия ученой степени, представивший ранее не опубликованный материал, не предназначенный к одновременной публикации в других изданиях.

РАЗДЕЛЫ. Передовая статья: Научно-методические подходы, концепции. Оригинальные статьи: Эталоны; Разработка, производство стандартных образцов; Применение стандартных образцов; Сличения стандартных образцов; Современные методы анализа веществ и материалов. Методические материалы. Нормативы. Стандарты. Международные стандарты. Переводы. Материалы конференций. Информация. Новости. События.

Журнал придерживается международной практики редактирования, рецензирования, издания и авторства научных публикаций и рекомендаций Комитета по этике научных публикаций. Поступающие материалы проходят «двустороннее слепое» научное рецензирование с целью экспертной оценки. Рецензентами являются специалисты по тематике рецензируемых материалов. Рецензии хранятся в издательстве и редакции 5 лет. Авторы получают копии рецензий или мотивированный отказ в публикации. Копии рецензий направляются в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении соответствующего запроса. Статьи по результатам диссертационных работ публикуются вне очереди. Плата за публикации не взимается. Авторский гонорар не выплачивается. Автор публикации получает печатный экземпляр журнала и электронную версию статьи. За достоверность информации в статьях и рекламных материалах и отсутствие в них не подлежащих открытой публикации данных ответственность несут авторы и рекламодатели. Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов.

Журнал входит в «Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» Высшей аттестационной комиссии по номенклатуре научных специальностей: 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (технические науки) 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (физико-математические науки) 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки) 2.2.10. Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки) 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки) 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (физико-математические науки).

Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная. Перечень площадок: *Международный справочник научных изданий Ulrichsweb Global Serials Directory *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) *Russian Science Citation Index на платформе Web of science *Ядро РИНЦ *Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU *Российская государственная библиотека *Google scholar *Техэксперт: Нормы, правила и стандарты РФ *Электронная библиотека КиберЛенинка *Научно-информационное пространство Соционет *Open Archives *Research Bible *Academic Keys *Dimensions *Lens *Research *WorldCat *Base *Mendeley *Baidu *EBSCO.



INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

Journal «Measurement standards. Reference materials» until 2020 was published under the name «Reference materials»

Journal has a thematic focus and publishes results of basic and applied research of specialists working in the sphere of metrology and interdisciplinary sciences related to the issues of reference materials on the territory of the Russian Federation and abroad. Priority tasks and areas of the journal consist in creating an open platform for the exchange of scientific information reflecting scientific views, results and achievements of basic and applied research of specialists working in the sphere of metrology and interdisciplinary sciences related to the issues of reference materials, as well as promotion of issues related to reference materials as a technical, regulatory and guidance base necessary for assuring uniformity and accuracy of measurements, related to issues of development and implementation of new standards for units of physical quantities, as well as issues related to standard samples of the composition and properties of substances and materials in the Russian Federation and abroad.

The published materials correspond to the group of specialties: 05.11.00 Instrument making, metrology and information-measuring instruments and systems *Methods of chemical analysis (chemical and physico-chemical methods, atomic and molecular spectroscopy, chromatography, x-ray spectroscopy, mass spectrometry, nuclear-physical methods of analysis, etc.) *Analytical instruments *Mathematical support for chemical analysis *Metrological assurance of chemical analysis *Creating new scientific, technical, regulatory and guidance solutions ensuring enhancement of product quality *Conducting basic scientific research into discovery and use of new physical effects in order to create new and perfect existing measurement methods and instruments of the highest accuracy *Perfecting the system of measurement uniformity assurance in the country *Developing and implementing new state measurement standards of measurement units allowing to increase uniformity and accuracy of measurements considerably.

The journal accepts for publication editorials and original articles, analytical, scientific and research, scientific and methodological materials, as well as materials intended for consultation and information; translations of published articles from foreign journals (with the consent of the right holder for the translation and publication); reviews; commentaries and event reports. Any author who submits a manuscript that has not been published before and that is not intended for simultaneous publication in other periodicals can be published in the journal irrespective of the author's place of residence, nationality and having an academic degree or not. Reception of articles for publication in the journal is implemented on an ongoing basis.

SECTIONS. Editorial: Scientific and methodological approaches, concepts. Original papers: * Development, production of reference materials *Use of reference materials *Measurement standards *Comparisons of reference materials *Modern methods of analyzing substances and materials. Guidance papers. Norms. Standards. International standards. Translations. Conference proceedings. Info. News. Events.

For complex expert evaluation, all manuscripts undergo «double-blind» review. All reviewers are acknowledged experts in areas they are responsible for. Reviews are stored in the publishing house and the editorial office for 5 years. The editorial staff sends the authors of the submitted materials copies of reviews or a substantiated refusal. The editorial staff of the journal forwards copies of reviews to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation by request. The journal follows the standards of editorial ethics in line with the international practice of editing, reviewing, publishing, authorship of scientific publications and recommendations of the Committee on Publication Ethics. Papers containing results of thesis works are published on a priority basis. There is no publication or royalty fee. An author who submitted a paper gets a printed version of the journal and an extra electronic version of the paper. Authors and advertisers bear responsibility for the reliability of information in the published papers and advertising materials, as well as for the absence of data in the materials that are not subject to open publication. The opinions expressed by authors in the journal do not necessarily reflect those of the editorial staff. The journal is a part of the list of Russian reviewed scientific journals in which main scientific results of doctorate and candidate thesis works should be published. International directory of scientific publications. Ulrichsweb Global Serials Directory; The database of the All-Russian Institute for Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS). The journal is indexed and archived in: the Russian State Library, Russian Science Citation Index (RSCI), electronic library «CyberLeninka». The journal is a member of Cross Ref. The materials of the journal are available under. Creative Commons «Attribution» 4.0 license.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

С целью повышения качества рукописей, публикуемых в журнале, и их соответствия международным требованиям, предъявляемым к научным публикациям, редакционная коллегия журнала просит авторов соблюдать правила, представленные ниже.

В журнале «Эталоны. Стандартные образцы» публикуются передовые и оригинальные статьи, материалы аналитического, научно-исследовательского, научно-методического, консультативного и информационного характера; переводы статей, опубликованных в зарубежных журналах (при согласии правообладателя на перевод и публикацию); обзоры; комментарии и отчеты о мероприятиях.

Не допускается направление в редакцию уже опубликованных статей или статей, отправленных на публикацию в другие журналы.

Мониторинг несанкционированного цитирования осуществляется с помощью системы «Антиплагиат».

Журнал приветствует статьи, имеющие потенциально высокий импакт-фактор и/или содержащие материал о значительных достижениях в указанных направлениях.

Условия опубликования статьи:

- представляемая для публикации статья должна быть ранее нигде не опубликованной, актуальной, обладать новизной, содержать постановку задач (проблем), описание основных результатов исследования, полученных автором, выводы;
- соответствовать правилам оформления, представленным ниже (а также на сайте журнала);
- с авторов плата за публикацию не взимается, авторское вознаграждение не выплачивается;
- статьи, содержащие результаты диссертационных работ, публикуются вне очереди.

Правила предоставления статьи:

- статья направляется в редакцию журнала по адресу: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4, УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им Д.И. Менделеева», главному редактору и на e-mail: uniim@uniim.ru;
- статья предоставляется в бумажном виде и на электронном носителе (по e-mail или на диске) в формате Microsoft Word. Бумажный вариант должен полностью соответствовать электронному;
- текст статьи тщательно вычитывается и подписывается автором(ами), который(е) несет(ут) ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала;
- при подаче статьи в редакцию автор соглашается с положениями лицензионного договора, размещенного на сайте журнала.

Правила оформления статьи

1. Шрифт – Times New Roman, размер – 12 пт, межстрочный интервал – одинарный, форматирование – по ширине; все поля – по 20 мм, нумерация страниц обязательна. Объем статьи – до 20 страниц формата А4 (если статья превышает этот объем, то редакция вправе опубликовать статью частями, в 2 номерах). Особое внимание следует уделить качеству перевода метаданной статьи на английский язык. Желательно, чтобы перевод был выполнен носителем английского языка.

2. Необходимо указать УДК (<http://www.udk-codes.net>).

3. Заголовок статьи (не более 20 слов) и точно отражает содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования.

Приводится на русском и английском языках.

4. Аффiliation авторов. И.О.Ф. автора; полное наименование организации (сокращенное наименование организации), г. Город, Российская Федерация; ORCID; e-mail.

Очередность упоминания авторов напрямую зависит от их вклада в выполненную работу. Первым указывается автор, внесший наибольший вклад. При формировании перечня авторов необходимо соблюдать этические нормы авторства, разработанные COPE (Committee on Publishing Ethics, <http://publicationethics.org>) (см. главу 4).

5. Аннотация на русском языке: выполняет функцию расширенного названия статьи и представляет ее содержание. Включает в себя основные разделы: Введение; Материалы и методы; Результаты исследования; Обсуждение и Заключение.

Аннотация на английском языке, Abstract, информирует читателя об основных положениях статьи. Кратко обобщает исходные данные, цель, методы, результаты, выводы и область применения результатов всей работы. Abstract состоит из 200–250 слов. Abstract четко обозначает следующие составные части: Introduction; Materials and Methods; Results; Discussion and Conclusion.

6. Ключевые слова (8–12 слов / фраз) являются поисковым образом научной статьи. В связи с этим они отражают основные положения, достижения, результаты, терминологию научного исследования. Приводятся на русском и английском языках.

7. Благодарности. В этом разделе упоминаются люди, помогавшие автору подготовить настоящую статью; организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам. Приводятся на русском и английском языках.

8. Основной текст статьи излагается на русском или английском языках и содержит следующие обязательные разделы:

1) Введение – постановка научной проблемы, ее актуальность, связь с важнейшими задачами, которые необходимо решить, значение для развития определенной отрасли науки или практической деятельности.

2) Обзор литературы. Описываются основные (последние по времени) исследования и публикации, на которые опирается автор; современные взгляды на проблему; трудности при разработке данной темы; выделение

нерешенных вопросов в пределах общей проблемы, которым посвящена статья.

3) Материалы и методы. В данном разделе описываются процесс организации эксперимента, примененные методики, использованная аппаратура; даются подробные сведения об объекте исследования; указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт и т. д.).

4) Результаты исследования. Это основной раздел, цель которого при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты исследования излагаются кратко, но при этом содержат достаточно информации для оценки сделанных выводов. Также обосновывается, почему для анализа были выбраны именно эти данные. Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках.

5) Обсуждение и заключение. В заключении суммируются результаты осмысления темы, делаются выводы, обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области.

6) Благодарности. В этом разделе упоминаются люди, помогавшие автору подготовить настоящую статью; организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам. Приводятся на русском и английском языках.

7) Вклад соавторов. В конце рукописи рекомендуется включить примечание, в котором разъясняется фактический вклад каждого соавтора в выполненную работу. Приводится на русском и английском языках.

9. Библиографическое описание документов оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008. Ссылаться нужно в первую очередь на оригинальные источники из научных журналов, включенных в глобальные индексы цитирования. Желательно использовать 20–40 источников. Из них за последние 3 года – не менее 50%, иностранных – не менее пяти источников, самоцитирование – не более трех источников. Следует указать DOI или адрес доступа в сети «Интернет». Оформляется на русском и английском языках.

10. Аффiliation авторов. Ф.И.О. (полное), ученое звание, должность, организация(и), адрес организации(й) (требуется указать все места работы автора, в которых выполнялись исследования (постоянное место, место выполнения проекта и др.)), ORCID, электронная почта, телефон, почтовый адрес для отправки авторского экземпляра. Приводится на русском и английском языках.

Правила рецензирования статьи

В журнале «Эталоны. Стандартные образцы» принято «двойное слепое» (рецензент и автор не знают имен друг друга) рецензирование статей. Рецензент на основании анализа статьи принимает решение рекомендовать статью к публикации (без доработки или с доработкой) или статью отклонить. В случае несогласия автора статьи с замечаниями рецензента его мотивированное заявление рассматривается редакционной коллегией.

Политика редакции

Политика редакционной коллегии журнала базируется на современных юридических требованиях в отношении клеветы, авторского права, законности и плагиата, поддерживает Кодекс этики научных публикаций, сформулированный Комитетом по этике научных публикаций, и строится с учетом этических норм работы редакторов и издателей, закрепленных в Кодексе поведения и руководящих принципах наилучшей практики для редактора журнала и Кодексе поведения для издателя журнала, разработанных Комитетом по публикации этической этике (COPE).

Допускается свободное воспроизведение материалов журнала в личных целях и свободное использование в информационных, научных, учебных и культурных целях в соответствии со ст. 1273 и 1274 гл. 70 ч. IV Гражданского кодекса РФ и лицензией Creative Commons CC BY 4.0. Иные виды использования возможны только после заключения соответствующих письменных соглашений с правообладателем.

Электронные версии статей размещаются на сайтах журнала «Эталоны. Стандартные образцы», Российской государственной библиотеки, Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, электронной библиотеки «КиберЛенинка».

Журнал распространяется платно по подписке в редакции или через подписные агентства.

Технический секретарь: Тараева Наталия Сергеевна, тел.: +7 (343) 350-72-42,

e-mail: taraeva@uniim.ru, uniim@uniim.ru

www.rmjournal.ru

© «Эталоны. Стандартные образцы», 2024

INFORMATION FOR AUTHORS

In order to improve the quality of manuscripts published in the journal and their compliance to the international requirements set for scientific publications, the editorial board of the journal asks the authors to observe the rules provided below.

The journal «Measurement standards. Reference materials» publishes editorials and original articles, analytical, scientific and research, scientific and methodological materials, as well as materials intended for consultation and information; translations of published articles from foreign journals (with the consent of the right holder for the translation and publication); reviews; commentaries and event reports.

Submission of a paper that has been previously published or submitted for publication to other journals is not permitted.

Monitoring of unauthorized citations is provided by «Anti-plagiarism» service.

The journal gives preference to the articles with potentially high impact factor and/or containing significant advances in the indicated areas of science.

Conditions for paper publication:

- the paper submitted for publication must not have been previously published, must be relevant, have a new element, a problem statement, description of main results of the study, obtained by the author, conclusions;
- the paper submitted for publication must comply with the rules of formatting given below or on the website of the journal;
- there is no publication or royalty fee;
- papers containing results of thesis works are published on a priority basis.

Paper submission rules:

- the paper is submitted to the editorial office of the journal to the address: for Chief Editor «UNIIM – Affiliated Branch of the D.I. Mendeleev Institute for Metrology», 4 Krasnoarmeyskaya St., Yekaterinburg, 620075, the Russian Federation, or for Executive Secretary by e-mail: taraeva@uniim.ru;
- the paper is submitted in paper form and on electronic media (via e-mail or on disc) Microsoft Word format. The paper version must fully match the electronic version;
- the text of the paper must be proofread thoroughly and signed by the author(s) who is(are) responsible for the scientific and theoretical level of the material being published;
- upon submission of the paper to the editorial staff, the author accepts provisions of the license contract posted on the website of the journal.

Paper formatting rules

1. Font – Times New Roman, 12-point font size, line spacing – single line, indenting – justified; all margins – 20 mm each, page numbering is required. The paper shouldn't exceed the volume of 20 A4 pages (if the paper exceeds this limit, the editorial staff has the right to divide the paper for publication in two issues).

2. The title of the paper should be short (not more than 10 words) and informative and should cover the paper contents, the subject-matter and results of the conducted scientific study. The title is to be provided in Russian and English.

3. Affiliation of authors. Full name of the author; full name of the organization (abbreviation for the organization), town/city, the Russian Federation; ORCID; e-mail.

4. The order in which authors are mentioned depends directly on their contribution to the performed work. The first

to be indicated is the author who has made the largest contribution. When making a list of authors, it is necessary to comply with ethical standards pertaining to co-authorship norms established by COPE (the Committee on Publication Ethics, <http://publicationethics.org>) (see Chapter 4).

5. The Abstract in English (hereinafter referred to as Abstract) informs the reader about main provisions of the article. The abstract states briefly the input data, the aim, methods, results, conclusions and the field of application for the results of the whole work. The Abstract consists of 200–250 words. It consists of 4 distinct parts: *Introduction*; *Materials and Methods*; *Results*; *Discussion and Conclusions*.

6. Keywords (8–12 words/phrases) constitute the searchcase of a scientific paper. For this reason, they should reflect basic statements, achievements, results and terminology of the study. They are to be provided in Russian and English.

7. Acknowledgements. This section should contain a reference to people who helped the author to prepare the present paper, organizations that provided financial support. It is considered good form to express gratitude to anonymous reviewers. The acknowledgements are to be provided in Russian and English.

8. The main body of the article should be presented in Russian or in English and contains the following compulsory sections:

1) Introduction is a definition of the scientific problem, its relevance, its connection with the chief tasks to be solved, its importance for the development of a definite area of science or for practical activities.

2) Literature review. It is necessary to describe the principal (most recent) studies and publications relied upon by the author; modern views on the issue; difficulties in the development of the subject; the allotment of the outstanding issues within the general problem of the article.

3) Materials and methods. This section describes the process of the experiment, procedures and equipment used; provides detailed information about the object of research; indicates the sequence of conducting research and justifies the choice of the methods used (observation, survey, test, experiment, laboratory test, etc.).

4) Results. This is the main section, which aims to prove a working hypothesis (or hypotheses) by analysis, synthesis and data clarification. The study results should be presented briefly, but at the same time contain enough information for the evaluation of conclusions made by the author. The choice of these data should be justified as well. All titles, signatures,

and structural elements of graphs, tables, charts etc. should be in Russian and in English.

5) Discussion and conclusion. The conclusion contains results of reflection on the given topic, generalizations and recommendations resulting from the work, their practical significance is emphasized. Also, main directions for further research in this area are indicated.

6) Acknowledgements. This section should contain a reference to people who helped the author to prepare the present paper, organizations that provided financial support. It is considered good form to express gratitude to anonymous reviewers. The acknowledgements are to be provided in Russian and English.

7) Authors' contributions. At the end of the manuscript, authors should explain in the notes the actual contribution of each co-author to the work performed. It is to be provided in Russian and English.

9. Bibliography entries for documents should be drawn up according to GOST R 7.0.5–2008.

One should primarily refer to original sources from scientific journals included into global citation indexes.

It is advisable to refer to 20–40 sources. Out of them: not less than 50% must be published within the past 3 years, not less than 5 sources should be foreign and not more than 5 sources should be self-citations. DOI or URL should be indicated. The bibliography is to be provided in Russian and English.

10. Affiliation of authors. Full name, academic title, position held, the name of the organization(s), the address of the organization(s) (all the places where the author's study was conducted are to be indicated (permanent place, place where the project took place, etc.)), ORCID ID, e-mail, phone number, postal address for delivery of the author's copy. This information is to be provided in Russian and English.

Paper review rules

The journal «Measurement standards. Reference materials» uses double-blind review (the reviewer and the author do not know each other's names).

A reviewer analyses an article and decides whether to recommend it for publication (after revision of without it), or to refuse it. In case of noncompliance of the author with the comment of the reviewer, his motivated statement is considered by the editorial board.

Editorial Staff policy

The Editorial Staff's policy is based on modern legal requirements concerning libel, copyright, legitimacy, plagiarism and supports Academic Periodicals Ethical Codex stated by the Committee on Publication Ethics and it is formed taking into account standards of ethics of editors' and publishers' work established by Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers, developed by the Committee on Publication Ethics (COPE).

Free recall of journal's material is allowed for personal purposes. Free use is permitted for informational, academic, educational and cultural purposes in compliance with paragraphs 1273 and 1274 of chapter 70, part IV of Civil Codex of Russia and license Creative Commons CC BY 4.0. Other types of use are possible only after making agreements in writing with the copyright holder.

Electronic versions of papers are posted on the websites of the journal «Measurement standards. Reference materials»; the Russian State Library; the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU; the Electronic Library CyberLeninka.

The journal is distributed by paid subscription at the editorial office or through subscription agencies.

Executive Secretary – Natalia S. Taraeva, tel.: +7 (343) 350-72-42,

e-mail: taraeva@uniim.ru, uniim@uniim.ru

www.rmjournal.ru

© «Measurement standards. Reference materials», 2024

