

*Н. П. Ординарцева, А. А. Баранов, И. М. Рыбаков*

## НОРМАТИВНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*N. P. Ordinartseva, A. A. Baranov, I. M. Rybakov*

## NORMATIVE-METHODOLOGICAL ENSURING OF MEASURING SYSTEMS CALIBRATION

**А н н о т а ц и я.** *Актуальность и цели.* Объектом исследования являются нормативно-методологические документы, регламентирующие калибровку измерительных каналов измерительных систем. *Материалы и методы.* В соответствии с действующими нормативными документами, отечественными стандартами представлен анализ терминологического определения измерительной системы; с целью гармонизации проведено сравнение термина с определением в международных стандартах. Рассмотрено кардинальное изменение дефиниции «калибровка» с принятием ФЗ №102. *Результаты.* Исследован вопрос обеспечения калибровки измерительных систем в отечественной нормативной базе и ее гармонизации с принятыми международными методологическими представлениями. В статье представлены основные терминологические, методологические, алгоритмические положения процедуры калибровки и оценивания неопределенности измерений измерительных систем. Приведен перечень действующих нормативных документов, регламентирующих калибровку измерительных систем. Статья может быть интересна специалистам в области метрологического обеспечения средств измерений, а также студентам высших учебных заведений. *Выводы.* Представленный анализ нормативно-методологического обеспечения калибровки измерительных систем позволил выявить отечественные нормативные документы, гармонизированные с международными, а также документы, требующие обновления.

**A b s t r a c t.** *Background.* In accordance with existing regulations, domestic standards are presented analysis and definitions of measuring systems; to harmonize the term with the definition in international standards. *Materials and methods.* It's considered a radical change of the definition «calibration» with the adoption of the Federal law №102. *Results.* We investigated the issue of calibration of measuring systems into the domestic regulatory framework and its harmonization with the accepted international methodology. The article presents the main terminological, methodological, algorithmic calibration procedure and estimation of measurement uncertainty of measurement systems. In the article given the list of existing normative documents that regulating the calibration of the measuring systems. The article may be of interest to specialists in the field of metrological provision of measuring instruments, as well as students of higher educational institutions. *Conclusions.* Presents an analysis of normative-methodological support for calibration of measurement systems revealed national normative documents, harmonized with international, as well as documents requiring updates.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** измерительная система, калибровка, неопределенность измерений, погрешность измерений.

**К e y w o r d s:** measuring system, calibration, measurement uncertainty, measurement error.

Действующая нормативно-техническая документация государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) выделяет в качестве разновидности средств измерений измерительные системы [1, п. 6.1 Примечание; 2, п. 3.1 Примечание; п. 4.1], для которых регламентированы требования и метрологические процедуры в ГОСТ Р 8.596 [2].

В соответствии с ГОСТ Р 8.596 [2, п. 3.1] под **измерительной системой** (ИС) понимается совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы, и вспомогательных устройств (компонентов ИС), функционирующих как единое целое, предназначенных для:

- получения информации о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований в общем случае множества изменяющихся во времени и распределенных в пространстве величин, характеризующих это состояние;
- обработки результатов измерений;
- регистрации и индикации результатов измерений и результатов их обработки;
- преобразования этих данных в выходные сигналы системы в разных целях.

ИС обладают основными признаками средств измерений и являются их разновидностью.

В целях гармонизации с международной терминологией проанализируем определение ИС по другим действующим нормативным документам.

Согласно Международному словарю по метрологии VIM3 [3, ст. 3.2 (4.5)]: «Измерительная система – набор из одного или более средств измерений, а часто и других устройств, включая реактивы и источники питания, собранный и приспособленный для получения информации об измеренных значениях величин в пределах установленных интервалов для величин указанного рода.

Примечание – ИС может состоять только из одного средства измерений».

Согласно РМГ 29-2013 [1, п. 6.3]: «Измерительная система – совокупность средств измерений и других средств измерительной техники, размещенных в разных точках объекта измерения, функционально объединенных с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому объекту».

Согласно Федеральному закону «Об обеспечении единства измерений» от 26.08.2008 №102-ФЗ [4, ст. 2, п. 23]: «Технические системы и устройства с измерительными функциями – технические системы и устройства, которые наряду с основными функциями выполняют измерительные функции». Но в разделе 1 ГОСТ Р 8.596 [2] отмечается, что «измерительные системы могут быть использованы как автономно, так и в составе более сложных структур (информационно-измерительных систем: систем контроля, диагностирования, распознавания образов, испытательного оборудования, а также автоматических систем управления технологическими процессами). В таких сложных структурах измерительная система может быть выделена на функциональном уровне». Таким образом, в терминологии действующего Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26.08.2008 № 102-ФЗ [4] перечисленные «более сложные структуры» – не что иное, как технические системы с измерительными функциями. Эти технические системы имеют свое наименование, на них существует документация, в которой ИС обычно не выделена ни на функциональном уровне, ни на каком другом уровне. На ИС в отличие от указанных систем обычно не существует документации [5, с. 11].

Таким образом, информационно-измерительные системы, системы контроля, системы диагностики, системы распознавания образов, испытательное оборудование, системы управления технологическими процессами – все это технические системы с **измерительными функциями** [5, с. 14].

Говоря о различии между информационной и измерительной системами, следует подчеркнуть следующее.

Если измерения заканчиваются получением кода в первичном измерительном преобразователе, который далее передается, хранится и применяется без каких-либо преобразований, то в этом случае ИС нет, так как отсутствует неотъемлемый компонент ИС – вычислительный, и измерения не автоматизированы. В этом случае есть не измерительная, а информационная система [5, с. 16].

Если в вычислительном компоненте системы осуществляется преобразование выходных кодов первичного измерительного преобразователя (например, масштабирование результатов измерений, статистическая обработка результатов измерений, обработка результатов прямых измерений нескольких первичных измерительных преобразователей для получения результата косвенного измерения), то имеем не информационную, а измерительную систему [5, с. 17].

Представленный анализ терминологического определения ИС, а также отмеченное различие между информационной и измерительной системами позволяют четко выделить среди их множества системы, к которым может быть применена процедура калибровки.

Необходимость рассмотрения нормативно-методологического обеспечения процедуры калибровки обусловлена тем, что принятие Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» (№102-ФЗ от 26.06.2008 г.) радикальным образом меняет к ней отношение. Основной метрологический документ страны наполняет новым смыслом термин «калибровка»:

*«Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик».*

Изменение содержания процедуры калибровки означает, что теперь результатом калибровки средств измерений являются лишь действительные значения их метрологических характеристик (МХ), определенные на момент проведения калибровки [6, с. 116–128]. Теперь, в рамках нового Закона, калибровка средств измерений отнюдь не аналог ведомственной поверки (как было ранее). Принятие Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» (№ 102-ФЗ от 26.06.2008) коренным образом меняет отношение к процедурам калибровки, делает ее широко доступным способом повышения точности и в отличие от отмененного ФЗ № 4871-1 от 27.04.1993, не подменяет калибровку средства измерений его поверкой. Постановление Правительства РФ № 311[7] предусматривает, что результаты калибровки могут быть использованы при поверке, если калибровка выполнена организацией, аккредитованной в национальной системе аккредитации.

Процедура калибровки многовариантна. Укрупненно можно выделить следующие разновидности:

1) с введением поправок на систематическую составляющую погрешности средства измерений (градуировка средства измерений);

2) без введения поправок на систематическую составляющую погрешности средства измерений;

3) сравнение действительных значений характеристик погрешности средства измерений с допускаемыми значениями (зарубежные приборостроительные фирмы часто рассматривают операцию калибровки как операцию допускового (измерительного) контроля, имеется аналогичная и отечественная практика).

В настоящее время действуют три определения понятия калибровки СИ:

1. Наиболее часто применяемое определение из ст. 2 ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [4]:

*«Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик».*

2. РМГ 29-2013. «ГСИ. Основные термины и определения» определяет калибровку средств измерений как [1, п. 9.6]:

*«Калибровка средств измерений – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений».*

3. Международным словарем [3, п. 2.39 (6.11)] понятие «калибровка» трактуется с позиций неопределенности измерений, обеспеченной рабочими эталонами и присущей калибруемым средствам измерений; международная дефиниция слова расширена необходимостью прослеживаемости единицы величины до национального эталона и оценивания неопределенности измерений при калибровке:

*«Калибровка – операция, в ходе которой при заданных условиях на первом этапе устанавливают соотношение между значениями величин с неопределенностями измерений, которые обеспечивают эталоны, и соответствующими показаниями с присущими им неопреде-*

ленностями, а на втором этапе на основе этой информации устанавливают соотношение, позволяющее получать результат измерения исходя из показания».

Анализ терминологического определения дефиниции «калибровка» показал, что, несмотря на существенные различия, все эти три действующие определения не противоречат друг другу. Первое определение из ФЗ «Об обеспечении единства измерений» формулирует цель калибровки. Третье определение из Международного словаря по метрологии VIM3 содержит функциональное описание процедуры. Определение из РМГ-29 содержит элементы обоих вышеупомянутых определений. Однако международное определение понятия калибровки содержит следующую новацию: обязательную оценку неопределенности результатов.

Проанализируем нормативные документы, регламентирующие калибровку измерительных систем.

ГОСТ Р 8.879-2014 [8] вводит понятие «целевой неопределенности» (п. 2.5) – «неопределенность измерений, заранее установленная как верхний предел и принятая, исходя из предполагаемого использования результатов измерений».

Рекомендации Р РСК 002-2006 [9] (нормативный документ, имеющий статус действующего, разработан в соответствии с требованиями в настоящее время замененного ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025/2000) требуют обязательным включение раздела «Неопределенность измерений» при проведении совместных работ с зарубежными странами (п. 3.16), но в то же время допускают два подхода к оцениванию параметров (характеристик) точности измерений: погрешности и неопределенности (п. 3.16.1).

Межгосударственный стандарт РМГ 91-2009 [10] содержит рекомендации и основные принципы совместного применения понятий «погрешность измерений» и «неопределенность измерений» и производных от них понятий в различных метрологических задачах. Понятие «погрешность измерения» может быть использовано, когда имеется единственное опорное значение величины, которое появляется при выполнении калибровки посредством эталона с регламентированным значением величины, имеющим незначительную неопределенность измерения, или если дано приписанное (стандартизованное) значение величины. Результаты измерений в большинстве метрологических ситуаций характеризуются неопределенностью, а нормативы точности средств измерений, измерительных и контрольных процедур характеризуются погрешностью. Таким образом, понятия «неопределенность» и «погрешность» гармоничны без взаимного противопоставления и исключения одного из них [11, 12].

Метрологическая прослеживаемость единицы величины [1, п. 9.2] при калибровке ИС предполагает наличие трех элементов:

- установленную и документированную калибровочную иерархию эталонов единицы величины;
- передачу единицы величины калибруемому каналу ИС и установление поправок в каждой калибруемой точкедиапазона измерений;
- оценку неопределенности измерений.

Метрологическая прослеживаемость единицы величины при калибровке регламентируется межгосударственными стандартами [13–15].

Назначение межкалибровочного интервала ИС регламентируется межгосударственным стандартом РМГ 74-2004 [16], в котором (по-прежнему) калибровка отождествляется с поверкой.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 [13], являющийся идентичным по отношению к международному стандарту ИСО/МЭК 17025:2005, законодательно закрепил необходимость наличия процедур оценивания неопределенности измерений для международного признания результатов калибровок – условия международной системы обеспечения единства измерений.

Калибровка может быть выражена как утверждение, функция калибровки, диаграмма калибровки, калибровочная кривая или таблица калибровки. В некоторых случаях она может включать аддитивную или мультипликативную поправку к показаниям с соответствующей неопределенностью [3, п. 2.39 (6.11), Примечание 1]. Ее не следует путать ни с регулировкой ИС, часто ошибочно называемой «самокалибровкой», ни с верификацией калибровки [3, п. 2.39 (6.11), Примечание 2]. РМГ 29-2013 [1, п. 9.6 Примечание 1] диаграмму калибровки рассматривает как МХ, несущую информацию об инструментальной неопределенности измерений.

Оценивание неопределенности измерений при калибровке ИС регламентировано нормативным документом [14], а также семейством гармонизированных с международными стандартов [17–21].

ГОСТ Р 8.879-2014 [8, п. 3.4] регламентирует использовать методики калибровки, отвечающие потребностям клиентов. Учитывая желание пользователей получить калибровочную зависимость именно в тех условиях, в которых производится эксплуатация ИС, следует отметить актуальность и целесообразность разработки методик калибровки ИС в рабочих условиях и лоббирования отечественных разработок в международную метрологическую практику [22, 23].

Представленный анализ выполнен в связи с кардинальным изменением с принятием ФЗ № 102 содержания термина «калибровка». Выполненный анализ нормативно-методологического обеспечения калибровки измерительных систем позволил выявить нормативные документы и положения в них, гармонизированные с международными, а также, напротив, указал на нормативные документы, требующие обновления.

### *Библиографический список*

1. РМГ 29-2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2014. – 55 с.
2. ГОСТ Р 8.596-2002. ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.
3. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины : пер. с англ. и фр. / ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, БелГИМ. – СПб. : НПО Профионал, 2010. – 84 с.
4. Об обеспечении единства измерений : федер. закон № 102-ФЗ от 26.06.2008.
5. Данилов, А. А. Метрологическое обеспечение измерительных систем / А. А. Данилов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Политехника Сервис, 2014. – 189 с.
6. Данилов, А. А. Развитие измерительных систем и их метрологического обеспечения / А. А. Данилов // Метрология. – 2016. – № 3. – С. 3–12.
7. Об утверждении Положения о признании результатов калибровки при поверке средств измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : постановление Правительства РФ № 311 от 02.04.2015.
8. ГОСТ Р 8.879-2014. ГСИ. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и оформлению. – М. : Стандартинформ, 2015. – 8 с.
9. Р РСК 002-2006. Российская система калибровки. Основные требования к методикам калибровки в Российской системе калибровки. – М., 2006. – 20 с.
10. РМГ 91-2009. ГСИ. Совместное использование понятий погрешность измерения и неопределенность измерения. Общие принципы. – М. : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
11. Ординарцева, Н. П. Погрешность неопределенности или неопределенность погрешности / Н. П. Ординарцева // Законодательная и прикладная метрология. – 2012. – № 6. – С. 41–44.
12. Ординарцева, Н. П. Погрешность неопределенности или неопределенность погрешности: две концепции / Н. П. Ординарцева // Standart – техника журналы. – 2013. – № 2. – С. 30–33.
13. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М. : Стандартинформ, 2010. – 70 с.
14. РМГ 115-2011. ГСИ. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2012. – 48 с.
15. РМГ 120-2013. ГСИ. Общие требования к выполнению калибровочных работ. – М. : Стандартинформ, 2015. – 23 с.
16. РМГ 74-2004. ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. – М. : Стандартинформ, 2006. – 24 с.
17. ОКРМ 104:2009. Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерения» и сопутствующим документам. Оценивание данных измерений / пер. с англ. под науч. ред. д.т.н., проф. В. А. Слаева, д.т.н. А. Г. Чуновкиной. – СПб. : Профионал, 2011. – 58 с.
18. ГОСТ Р 54500.1-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200088854>

19. ГОСТ Р 54500.3-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – М. : Стандартинформ, 2012. – 107 с.
20. ГОСТ Р 54500.3.1-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Дополнение 1: 2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200088856>
21. ГОСТ Р 54500.3.2-2013. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Дополнение 2: 2011. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 2. Обобщение на случай произвольного числа выходных величин. – М. : Стандартинформ, 2015. – 74 с.
22. Danilov, A. A. Calibration Method of Measuring Instruments in Operating Conditions / A. A. Danilov, M. V. Berzhinskaya, Yu. V. Kucherenko, N. P. Ordinartseva // *Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing X*. – Singapore : World Scientific Publishing Company, 2015. – P. 149–156.
23. Danilov, A. A. Calibration of measuring instruments under working conditions // A. A. Danilov, Yu. V. Kucherenko, M. V. Berzhinskaya, N. P. Ordinartseva // *Measurement Techniques*. – 2014. – Vol. 57, iss. 3. – P. 228–230.

---

**Ординарцева Наталья Павловна**

кандидат технических наук, доцент,  
кафедра информационно-измерительной техники  
и метрологии,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: np\_ordinartseva@mail.ru

**Ordinartseva Natalia Pavlovna**

candidate of technical sciences, associate professor,  
sub-department of information  
and measuring equipment and metrology,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Баранов Андрей Андреевич**

магистрант,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

**Baranov Andrey Andreevich**

graduate student,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Рыбаков Илья Михайлович**

аспирант,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: rybakov\_im@mail.ru

**Rybakov Ilya Mikhailovich**

postgraduate student,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 006.91

**Ординарцева, Н. П.**

**Нормативно-методологическое обеспечение калибровки измерительных систем / Н. П. Ординарцева, А. А. Баранов, И. М. Рыбаков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 4 (22). – С. 22–27. DOI 10.21685/2307-5538-2017-4-3.**