ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.932— 2017

Государственная система обеспечения единства измерений

ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКАМ (МЕТОДАМ) ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Основные положения

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом», Частным учреждением «Институт технического регулирования, обеспечения единства измерений и стандартизации Госкорпорации «Росатом», Акционерным обществом «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»

2 ВНЕСЕН Управлением метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2017 г. № 2119-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2018

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины, определения и сокращения . . . 2
4 Общие положения . . . 6
5 Классификация методик (методов) измерений . . . 7
6 Метрологические характеристики методик (методов) измерений . . . 8
7 Технические требования к методикам (методам) измерений . . . 11
8 Алгоритмы оценки метрологических характеристик . . . 14
9 Особенности способов оценки метрологических характеристик . . . 18
Приложение А (справочное) Методики, не требующие регламентации и (или) аттестации . . . 21
Приложение Б (справочное) Терминология и отличительные признаки методик (методов) измерений . . . 23
Приложение В (справочное) Обоснование комплекса метрологических характеристик методик (методов) измерений . . . 26
Приложение Г (справочное) Достоверность оценок погрешности . . . 29
Библиография . . . 30

Введение

Настоящий стандарт разработан во исполнение требований Федерального закона от 26 июля 2008 г. № 102-ФЗ [1] и нормативного правового акта «Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии» [2].

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКАМ (МЕТОДАМ) ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Основные положения

State system for ensuring the uniformity of measurements. Requirements to methodologies (methods) of measuring in the field of nuclear power using. General provisions

Дата введения — 2018—08—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на методики (методы) измерений (далее — МВИ), применяющиеся в области использования атомной энергии:

- при контроле показателей качества продукции (сырья, полуфабрикатов, веществ, материалов и изделий) в процессе ее производства, выпуска, приемки, хранения, переработки и утилизации;
- контроле параметров технологических процессов;
- производственном экологическом и санитарном контроле;
- дореакторных, реакторных и послереакторных исследованиях материалов и изделий, если результаты измерений используют в расчетах характеристик надежности, долговечности и работоспособности ядерных реакторов;
- получении стандартных справочных данных о составе и свойствах веществ и материалов;
- учете и контроле ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов;
- исследованиях метрологических характеристик стандартных образцов;
- радиационном контроле;
- производстве изыскательских геодезических и гидрометеорологических работ;
- осуществлении иных видов деятельности в соответствии со статьей 4 [3].

1.2 Настоящий стандарт устанавливает:

- общие требования к МВИ;
- классификацию МВИ в зависимости от сферы применения и характера получаемой информации об определяемой характеристике (параметре);
- способы установления и представления метрологических характеристик МВИ;
- правила представления результатов измерений, испытаний и измерительного контроля;
- технические требования к МВИ, включая требования к применению, условиям измерений, средствам измерений, вспомогательному оборудованию, безопасности, измерительным процедурам, процедурам контроля качества измерений;
- основные требования к алгоритмам оценки метрологических характеристик;
- особенности способов оценки метрологических характеристик.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.638 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

Издание официальное

ГОСТ 12.1.005 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 6709 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 21130 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

ГОСТ Р 8.563 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 8.731 Государственная система обеспечения единства измерений. Системы допускового контроля. Основные положения

ГОСТ Р 8.736 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения

ГОСТ Р 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ Р 54500.3—2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ Р 57216 Радиационный контроль. Представление результатов измерений

ГОСТ Р ИСО 5725-2 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений

ГОСТ Р ИСО 5725-4 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений

СНиП 2.04.01—85 Внутренний водопровод и канализация зданий (утверждены Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 4 октября 1985 г. № 189)

СНиП 11-89—80 Генеральные планы промышленных предприятий с изменением № 1 (утверждены Постановлением Госстроя СССР от 30 декабря 1980 г. № 213)

СНиП 23-05—95 Естественное и искусственное освещение (утверждены Постановлением Минстроя России от 2 августа 1995 г. № 18-78)

СНиП 31-03—2001 Производственные здания (утверждены Постановлением Госстроя России от 19 марта 2001 г. № 20)

СНиП 41-01—2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование (утверждены Постановлением Госстроя России от 26 июня 2003 г. № 115)

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1

измерение: Совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины.

[[1], статья 2, перечисление 8]

3.1.2 **объект измерений, испытаний или контроля:** Образец или совокупность образцов продукции, вещество (материал), процесс, изделие и т. д., объект, характеристики (параметры) которого подлежат измерению, определению при испытаниях или контролю.

3.1.3 **контроль:** Проверка соответствия объекта установленным требованиям, включающая принятие решения об отнесении объекта к одной из двух или более групп (классов эквивалентности по РМГ 83—2007), например к группе годных или группе дефектных объектов.

3.1.4 **измерительный контроль:** Контроль, при котором решение об отнесении объекта к одной из групп принимается на основе результата(ов) измерения или измерительного преобразования контролируемого параметра и его сравнения с заранее установленными значениями — границами поля контрольного допуска.

Примечание — Имеются виды контроля и испытаний, не требующие применения измерительных процедур, поэтому настоящий стандарт на них не распространяется. С целью правильной идентификации таких методик контроля и испытаний их описание представлено в приложении А.

3.1.5

испытания: Экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

[ГОСТ 16504—81, статья 1]

Примечание — В приложении Б приведены пояснения терминов, относящихся к испытаниям и измерительному контролю.

3.1.6

средство испытаний: Техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения испытаний.

[ГОСТ 16504—81, статья 16]

3.1.7

испытательное оборудование: Средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний.

[ГОСТ 16504—81, статья 17]

3.1.8

аттестация испытательного оборудования: Определение нормированных точностных характеристик испытательного оборудования, их соответствия требованиям нормативных документов и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации.

[ГОСТ 16504—81, статья 18]

3.1.9

условия испытаний: Совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях.

[ГОСТ 16504—81, статья 2]

3.1.10

методика (метод) измерений: Совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности.

[[1], статья 2, перечисление 11]

3.1.11 **методика измерений при испытаниях;** МВИс: Методика (метод) измерений, обеспечивающая получение количественных результатов испытаний с установленными показателями точности.

Примечание — Рассматриваемые в настоящем стандарте испытания классифицируются ГОСТ 16504 (пункт 38) как определительные испытания.

3.1.12 **методика измерений при измерительном контроле;** МВИк: Методика (метод) измерений, обеспечивающая получение результатов измерительного контроля с установленными показателями точности измерений или показателями достоверности контроля.

3.1.13 **методика количественного химического анализа;** МКХА: Методика (метод) измерений, обеспечивающая получение результатов измерений величин, характеризующих состав исследуемого (анализируемого) объекта.

Примечания

1 В области использования атомной энергии под МКХА понимаются МВИ характеристик состава (химического, изотопного, фазового и т. д.).

2 Для МКХА наряду с терминами «измерение», «результат измерения» допускается применение терминов «анализ», «результат анализа».

3.1.14 **методика измерений характеристик свойств;** МИС: Методика (метод) измерений, обеспечивающая получение результатов измерений величин, характеризующих свойства и (или) физические характеристики (параметры) объектов измерений.

3.1.15

методика радиационного контроля; МРК: Установленная совокупность операций и правил при подготовке и выполнении радиационных измерений и обработки их результатов для получения измерительной информации о состоянии объекта в соответствии с установленными требованиями.

[ГОСТ Р 8.638—2013, статья 3.1.13]

3.1.16

результат (измерения величины): Множество значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией.

[[4], статья 5.1]

3.1.17

истинное значение (величины): Значение величины, которое соответствует определению измеряемой величины.

[[4], статья 5.7]

3.1.18

опорное значение (величины): Значение величины, которое используют в качестве основы для сопоставления со значениями величин того же рода.

[[4], статья 5.3]

3.1.19

погрешность (результата измерения): Разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

[[4], статья 5.16]

3.1.20

неопределенность (измерений): Неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации.

[[4], статья 5.34]

3.1.21

показатель точности измерений: Установленная характеристика точности любого результата измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной методики измерений.

[ГОСТ Р 8.563—2009, статья 3.4]

Примечания

1 В настоящем стандарте использован также термин «показатель точности (результатов) испытаний», определяемый аналогично 3.1.21 для результатов испытаний. Пояснение к использованию терминов, относящихся к погрешности (результатов) испытаний, приведено в подразделе В.2 приложения В.

2 В настоящем стандарте применен также термин «метрологические характеристики МВИ», использованный в нормативном правовом акте [2].

3.1.22

случайная погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

[[4], статья 5.17]

3.1.23

систематическая погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

[[4], статья 5.19]

3.1.24

точность измерений: Близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

[[4], статья 5.7]

3.1.25

правильность измерений: Близость среднего арифметического бесконечно большого числа повторно измеренных значений величины к опорному значению величины.

[[4], статья 5.8]

3.1.26

прецизионность измерений: Близость между показаниями или измеренными значениями величины, полученными при повторных измерениях для одного и того же или аналогичных объектов при заданных условиях.

[[4], статья 5.9]

3.1.27

условия воспроизводимости (измерений): Один из наборов условий измерений, включающий разные местоположения, разные средства измерений, участие разных операторов и выполнение повторных измерений на одном и том же или аналогичных объектах.

[[4], статья 5.14]

3.1.28

воспроизводимость (измерений): Прецизионность измерений в условиях воспроизводимости измерений.

[[4], статья 5.15]

3.1.29

условия повторяемости (измерений): Один из наборов условий измерений, включающий применение одной и той же методики измерений, того же средства измерений, участие тех же операторов, те же рабочие условия, то же местоположение и выполнение повторных измерений на одном и том же или подобных объектах в течение короткого промежутка времени.

Примечание — Наряду с термином условия повторяемости измерений используется термин условия сходимости измерений (условия сходимости).

[[4], статья 5.10]

3.1.30

повторяемость (сходимость) измерений: Прецизионность измерений в условиях повторяемости измерений.

[[4], статья 5.11]

3.1.31 **регламентация МВИ:** Оформление и утверждение в установленном порядке документа, регламентирующего МВИ.

Примечание — Документ, регламентирующий МВИ, далее также обозначается сокращением «МВИ».

3.1.32 **стандартизация МВИ:** Регламентация МВИ в виде стандарта.

Примечание — МВИ также может быть регламентирована в виде части или раздела документа (стандарта, технических условий, регламента контроля, технологической инструкции и т. п.).

3.1.33

аттестация МВИ: Исследование и подтверждение соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.
[[1], статья 2, перечисление 1]

3.2 В настоящем стандарте применяются следующие сокращения:

ГРОЕИ — государственное регулирование обеспечения единства измерений;
МВИ — методика (метод) измерений;
МВИс — методика измерений при испытаниях;
МВИк — методика измерений при измерительном контроле;
МКХА — методика количественного химического анализа;
МИС — методика измерений характеристик свойств;
МРК — методика радиационного контроля;
СИ — средство измерений.

4 Общие положения

4.1 В области использования атомной энергии в зависимости от характера получаемой информации об объекте измерений, особенностей установления и определения метрологических характеристик должны применяться методики (методы) измерений, в том числе методики измерений, выполняемых при испытаниях, измерительном и радиационном контроле:

- методики количественного химического анализа;
- методики измерений характеристик свойств;
- методики измерений при испытаниях;
- методики измерений при измерительном контроле;
- методики радиационного контроля.

4.2 В области использования атомной энергии для измерений, проводимых в соответствии с [2], пункты 3.5 и 3.6, должны применяться только аттестованные МВИ.

4.3 Изложение документов, описывающих (регламентирующих) МВИ, должно соответствовать требованиям, установленным в ГОСТ Р 8.563, с учетом особенностей, устанавливаемых настоящим стандартом.

4.4 Требования к МРК соответствуют требованиям настоящего стандарта, с учетом положений, установленных в ГОСТ 8.638, ГОСТ Р 57216 и [5].

4.5 Установление метрологических характеристик МВИ должно быть осуществлено на основе следующих положений:

- комплекс метрологических характеристик должен быть достаточен для принятия достоверных решений по результатам измерений, испытаний, контроля;
- метрологические характеристики должны быть контролепригодными (проверяемыми).

4.6 Установление метрологических характеристик МВИ должно быть основано на структуре и модели погрешности МВИ и учитывать их особенности. Обоснование комплекса метрологических характеристик МВИ приведено в приложении В.

4.7 Аттестация МВИ включает экспериментальное и (или) теоретическое исследование и оценивание метрологических характеристик МВИ и завершается (при положительном результате) оформлением официального документа.

Установленные при аттестации (приписанные) метрологические характеристики используют при применении МВИ для принятия решений, в том числе:

- о качестве выпускаемой продукции;

- безопасности того или иного объекта или технологического процесса;
- совершенствовании технологических процессов.

4.8 При оценке метрологических характеристик МВИ применяют «консервативный» подход к оцениванию составляющих погрешности или неопределенности: если нет возможности точно оценить влияние какого-либо фактора, принимают верхнюю границу оценки для уровня значимости не более 5 %, в том числе и для составляющих погрешности, оцениваемых экспериментальным способом [2].

4.9 Аттестацию МВИ, относящихся к сфере ГРОЕИ, проводят аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица в соответствии с законодательством.

Внесение методик в разделы Федерального информационного фонда организует и обеспечивает уполномоченный орган. МВИ, вносимые уполномоченным органом в разделы Федерального информационного фонда, должны соответствовать требованиям нормативно-правовых актов в области использования атомной энергии и настоящего стандарта.

Примечание — МВИ, направляемые в уполномоченный орган для внесения в разделы Федерального информационного фонда, должны обеспечивать:

а) наличие, полноту и правильность изложения метрологических требований, включая требования к показателям точности МВИ, к применяемым в составе МВИ средствам измерений, стандартным образцам и аттестованным объектам [2];

б) соответствие показателей точности измерений (испытаний) и достоверности контроля заданным требованиям к объектам измерений и контроля;

в) правильность оценки показателей точности измерений (испытаний) и достоверности контроля;

г) наличие процедур и критериев контроля качества измерений;

д) соответствие алгоритмов обработки измерительной информации задачам измерений, испытаний и контроля.

4.10 Аттестацию МВИ, не относящихся к сфере ГРОЕИ, проводят в соответствии с порядком, устанавливаемым уполномоченным органом.

5 Классификация методик (методов) измерений

5.1 В зависимости от сферы применения МВИ подразделяют на МВИ сферы ГРОЕИ, МВИ сферы ответственности уполномоченного органа, МВИ сферы ответственности организаций, осуществляющих измерения.

МВИ сферы ГРОЕИ применяют для измерений, которые отнесены федеральными органами исполнительной власти к сфере ГРОЕИ ([2], пункт 3.5).

МВИ сферы ответственности уполномоченного органа применяют для измерений, описанных в соответствии с [2], пункт 3.6.

МВИ сферы ответственности организаций применяют для измерений, не указанных в [2], пункты 3.5, 3.6.

5.2 Типовые методики (методы) измерений

5.2.1 Если операции и правила выполнения измерений (испытаний, контроля) одних и тех же величин аналогичны для различных (но однотипных) объектов измерений и (или) различных (но близких) условий измерений (испытаний, контроля), то целесообразна разработка МВИ, регламентирующей общие правила для всех объектов и (или) условий (типовая МВИ), и ее оформляют в виде отдельного документа.

5.2.2 В типовой МВИ могут быть регламентированы требования к рабочим МВИ и методика аттестации рабочих МВИ. Типовые МВИ не подлежат аттестации, но могут содержать значения метрологических характеристик, отражающие достигнутый минимальный уровень метрологического обеспечения и технического оснащения лабораторий и организаций, или требуемые значения метрологических характеристик.

5.2.3 В развитие типовой МВИ разрабатывают рабочие МВИ, описывающие особенности выполнения измерений (испытаний, контроля) для конкретного объекта и (или) конкретных условий [например, для условий конкретного предприятия (организации)]. Рабочие МВИ подлежат аттестации; они должны содержать метрологические характеристики, процедуры и нормативы контроля качества измерений. Значения характеристик погрешности рабочей МВИ не могут превышать приписанных характеристик погрешности, указанных в типовой МВИ.

5.2.4 Многие действующие нормативные документы (в том числе государственные стандарты, стандарты международных организаций) носят название «Методика (метод, процедуры) измерений (испытаний, определения, оценки и т. д.)». При этом они регламентируют только подготовительные и измерительные процедуры, не содержат показателей точности, процедур и нормативов контроля качества измерений и, следовательно, не являются МВИ. В развитие таких методик (методов, процедур) должны быть разработаны и аттестованы рабочие МВИ, соответствующие требованиям 5.2.3.

5.2.5 Если описание всех операций и правил выполнения измерений (испытаний, контроля) достаточно полно сделано в типовой МВИ, в этом случае:

- допускается не разрабатывать рабочую МВИ;
- требуется аттестовать типовую МВИ, в свидетельстве об аттестации которой приводят показатели точности измерений, а также значения критериев контроля качества измерений для каждого конкретного типа объектов (условий измерений, испытаний или контроля).

5.3 В зависимости от характера получаемой информации об объекте измерений, и, как следствие, от особенностей установления и определения метрологических характеристик, МВИ подразделяют на виды, указанные в 4.1. Отличительные признаки и классификация этих видов МВИ приведены в приложении Б.

6 Метрологические характеристики методик (методов) измерений

6.1 Метрологические характеристики методик количественного химического анализа и методик измерений характеристик свойств

6.1.1 В настоящем стандарте метрологические характеристики МКХА и МИС представляют собой характеристики погрешности измерений в заданном диапазоне значений измеряемой величины.

6.1.2 Характеристиками погрешности измерений являются:

- границы интервала, в котором погрешность находится с заданной доверительной вероятностью P (доверительные границы) — $\Delta_н$, $\Delta_в$; при симметричном интервале ($|\Delta_н| = \Delta_в$) – $\pm\Delta$;
- наибольшее возможное значение среднего квадратического отклонения (СКО) $\sigma_{сх}$ или доверительные границы $\varepsilon_{сх,н}$, $\varepsilon_{сх}$ в части случайной составляющей погрешности, характеризующей сходимость измерений (результатов измерений в условиях сходимости).

Примечание — Вместо $\sigma_{сх}$ возможно использование обозначения $\sigma_{сх}(\Delta)$ или, если СКО устанавливают в относительной форме, — $\sigma_{сх}(\delta)$;

- границы интервала, в котором неисключенная систематическая составляющая погрешности находится с заданной вероятностью P, — $\Theta_н$, $\Theta_в$; при симметричном интервале ($|\Theta_н| = \Theta_в$) – $\pm\Theta$.

Примечание — Далее доверительные границы погрешности обозначены одним символом и без знака доверительной вероятности, например «Δ» вместо «$\Delta_н$, $\Delta_в$, P», «Θ» вместо «$\Theta_н$, $\Theta_в$, P».

6.1.3 Для МКХА и МИС устанавливают следующие характеристики погрешности:

- Δ;
- $\sigma_{сх}$, если МВИ предусматривает проведение нескольких параллельных определений, либо $\varepsilon_{сх}$ в случаях, если количество параллельных определений заранее оговорено или если величина $\sigma_{сх}$ незначима в сравнении с ценой деления (ценой наименьшего разряда) СИ, сообщающего конечный результат;
- если указаны $\sigma_{сх}$ или $\varepsilon_{сх}$, то устанавливают Θ.

6.1.4 При необходимости выражения метрологических характеристик МВИ в терминах неопределенности вместо характеристик погрешности Δ, $\sigma_{сх}$, Θ допускается применять указанные в таблице 1 обозначения со следующими наименованиями.

Таблица 1 — Обозначения и наименования характеристик погрешности и неопределенности

Обозначение характеристик погрешности	Наименование и обозначение в терминах неопределенности
Δ	Расширенная неопределенность для коэффициента охвата $K = 2 – U$
$\sigma_{сх}$	Стандартная неопределенность, обусловленная влияющими факторами в условиях сходимости (повторяемости) $u_{сх}$
Θ	Стандартная неопределенность, обусловленная влияющими факторами, за исключением влияющих факторов в условиях сходимости (повторяемости) $u_{ос}$
Примечание — Величина $u_{ос}$ численно равна $\Theta/2$.	

6.2 Метрологические характеристики методик измерений при испытаниях

6.2.1 В настоящем стандарте метрологические характеристики МВИс представляют собой характеристики погрешности результатов испытаний в заданном диапазоне значений величины, определяемой при испытаниях.

6.2.2 Модель погрешности МВИс включает составляющие погрешности измерений параметра, определяемого при испытаниях, и составляющие погрешности, обусловленные влиянием испытательного воздействия (при его наличии).

6.2.3 Характеристиками погрешности результатов испытаний являются:

- границы суммарной погрешности результатов испытаний Δ для заранее заданной доверительной вероятности P (доверительные границы);
- наибольшее возможное значение СКО $\sigma_{сх}$ или доверительные границы $\varepsilon_{сх}$ составляющей погрешности, характеризующей сходимость результатов испытаний;
- доверительные границы составляющей погрешности, обусловленной факторами, приводящими к разбросу результатов испытаний в условиях воспроизводимости, за исключением факторов сходимости (далее — факторами «чистой» воспроизводимости).

Примечание — Обоснование комплекса метрологических характеристик МВИс приведено в приложении Б.

6.2.4 Для МВИс устанавливают следующие характеристики погрешности:

- Δ;
- $\sigma_{сх}$, если МВИс предусматривает проведение нескольких параллельных определений или испытаний нескольких однородных объектов в условиях сходимости, либо $\varepsilon_{сх}$ в случаях, если количество параллельных определений заранее оговорено или величина $\sigma_{сх}$ незначима в сравнении с ценой деления (ценой наименьшего разряда) СИ, сообщающего конечный результат;
- если указаны $\sigma_{сх}$ или $\varepsilon_{сх}$, то устанавливают Θ;
- если МВИс предусматривает испытания нескольких объектов в условиях сходимости, то допускается вместо Θ указывать доверительные границы двух ее составляющих:

$^{усл}\Theta$ — доверительные границы составляющей погрешности, обусловленной разбросом условий испытаний при их повторении;

$^{изм}\Theta$ — доверительные границы составляющей погрешности измерений, обусловленной факторами, не зависящими от условий испытаний (например, погрешности СИ).

6.3 Метрологические характеристики методик измерений при измерительном контроле

6.3.1 Модель погрешности МВИк включает составляющие погрешности измерения или измерительного преобразования при контроле и погрешности сравнения контролируемого параметра с границами поля контрольного допуска.

6.3.2 Для МВИк должны определяться при их аттестации метрологические характеристики в виде характеристик погрешности измерительного контроля аналогично 6.1 с учетом погрешности сравнения.

6.3.3 Характеристики погрешности сравнения включают в неисключенную систематическую составляющую погрешности Θ или устанавливают отдельно.

6.3.4 Если МВИк осуществляет измерительное преобразование, характеристики погрешности измерительного контроля выражают в единицах контролируемой величины.

6.3.5 Характеристики погрешности измерительного контроля достаточно устанавливать в интервале от границы зоны риска изготовителя до границ поля допуска (подраздел Б.5 приложения Б).

6.3.6 Комплекс метрологических характеристик МВИк должен быть достаточен для оценки расчетным способом показателей достоверности контроля P_{baM}, P_{grM}. Определения показателей достоверности измерительного контроля и их связь с характеристиками погрешности МВИк приведены в приложении Б.

6.3.7 При аттестации МВИк должна быть оценена вероятность неверного отнесения P_{baM} с указанием параметров методики контроля по приложению Б или обратная ей величина $P_{пр} = (1 - P_{baM})$, представляющая наименьшую вероятность правильного принятия положительного решения.

6.3.8 Для МВИк, применяемых в сфере ГРОЕИ и в сфере ответственности уполномоченного органа, величина $P_{пр}$ должна быть не менее 0,95 (величина P_{baM} — не более 0,05).

6.3.9 Вероятность неверного отнесения P_{grM} определяется по требованию заказчика аттестации МВИк.

6.3.10 Если подлежащий сравнению выходной сигнал измерительного преобразователя МВИк недоступен для пользователя (или трудно доступен по техническим причинам), допускается непосредственное определение вероятностей неверного отнесения P_{baM}, P_{grM} с указанием параметров методики контроля (приложение Б) и их определение при аттестации методом прямого альтернативного эксперимента (МВИк альтернативного типа).

Примечание — Применение МВИк альтернативного типа, для которых единственным способом определения показателей достоверности является прямой альтернативный эксперимент, не позволяет организовать эффективный контроль качества измерений. При разработке новой аппаратуры для применения в МВИк следует стремиться к доступности выходного сигнала, т. е. исключать МВИк альтернативного типа.

6.4 Представление показателей точности и достоверности

6.4.1 При указании приписанных характеристик погрешности и показателей достоверности в тексте МВИ и свидетельстве об аттестации МВИ указывают диапазон измеряемой величины и совокупность условий, для которых принятые характеристики действительны. В состав условий могут входить типоразмеры изделий, диапазоны значений всех величин, существенно влияющих на погрешность, и т. д. Если характеристики погрешности или показателей достоверности различны для различных условий (например, в разных диапазонах), их указывают для каждой группы условий (например, для каждого диапазона).

6.4.2 Характеристики погрешности указывают:

- в абсолютной форме (в единицах измеряемой величины);
- относительной форме (в процентах, относительных долях), относительную погрешность обозначают как δ;
- виде функциональной зависимости от результата измерения, например,

$\Delta = a + bX$, или $\delta = c + \frac{d}{\sqrt{X}}$, где X — результат измерения.

6.4.3 При указании интервальных характеристик погрешности Δ, Θ, ε_{cx} указывают верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала и доверительную вероятность P (не менее 0,95). Если доверительные границы характеристики погрешности симметричны, их приводят со знаком «±», например $\Delta = \pm 0{,}008$ г/см^3, $P = 0{,}95$, $\delta = \pm 0{,}05$ %, $P = 0{,}95$.

6.4.4 При указании точечной характеристики погрешности σ_{cx} возможны следующие формы записи: «наибольшее возможное значение среднего квадратического отклонения результатов измерений — 0,015 мкм» или «среднее квадратическое отклонение результатов измерений — не более 0,015 мкм». При указании среднего квадратического отклонения, выраженного в относительной форме, используют форму записи «относительное среднее квадратическое отклонение».

6.4.5 Рекомендуются следующие правила округления.

Числовое значение характеристик погрешности, выраженных в абсолютной форме, округляют до одной или двух значащих цифр. Если первая значащая цифра характеристики погрешности 1 или 2, то должна присутствовать и вторая значащая цифра от 0 до 9, например 0,20 г/см^3; 0,0014 мм. Если первая значащая цифра характеристики погрешности 3 или 4, то должна присутствовать и вторая значащая цифра — 0 или 5, например 0,35 г/см^3; 0,0040 мм. Если первая значащая цифра характеристики погрешности больше 4, то вторая значащая цифра должна отсутствовать, например 0,5 г/см^3; 6 мг/дм^3. Полученное при аттестации значение характеристики погрешности округляют в большую сторону, например: 0,31 г/см^3 ≈ 0,35 г/см^3, а не 0,31 г/см^3 ≈ 0,30 г/см^3; 0,61 % ≈ 0,7 %; 2,72 % ≈ 2,8 %.

В числовом значении характеристики погрешности, выраженной в относительной форме, а также в значениях коэффициентов, определяющих функциональную зависимость характеристики погрешности (6.4.2), число значащих цифр может быть равно двум, вне зависимости от их первой значащей цифры.

6.4.6 Показатели достоверности — вероятности неверного отнесения P_{baM}, P_{grM} — называют с использованием терминологии по приложению Б, например:

- «Наименьшая вероятность отнесения к годным образца с дефектом недопустимого объема $G_\gamma = 1{,}2$ мм^3: $P_{grM} = 0{,}03$»;
- «Наибольшая вероятность забраковать годный образец с дефектом допустимого объема $G_\beta = 0{,}8$ мм^3: $P_{grM} = 0{,}05$».

Допускается также форма записи с оборотом «не более», например «Вероятность отнесения к годным образцам с диаметром $G \geq 7{,}65$ мм (недопустимое значение) P_{baM} не более 0,05».

Для показателя достоверности $P_{пр} = (1 - P_{baM})$ допускается форма записи: «Вероятность обнаружения образца с недопустимым дефектом (...) $P_{пр}$ не менее 0,95».

6.4.7 Количество значащих цифр в числовых значениях вероятностей неверного отнесения P_{baM}, P_{grM} определено аналогично 6.4.5.

7 Технические требования к методикам (методам) измерений

7.1 Область применения методик (методов) измерений

7.1.1 Область применения МВИ устанавливают во вводной части документа, регламентирующего МВИ.

7.1.2 Область применения МВИ должна содержать описание характеристик объекта измерений, в том числе влияющих на результаты измерений, и характеристик измеряемой (определяемой, контролируемой) величины. Для МВИс описание характеристики определяемой величины должно включать условия испытаний.

7.2 Метрологические характеристики (показатели точности измерений)

7.2.1 В разделе МВИ «Показатели точности измерений» (допускаются также наименования «Характеристики погрешности» и «Неопределенность измерений») приводят конкретные значения показателей точности измерений в установленном диапазоне измерений, полученные при аттестации МВИ.

7.2.2 Документ, регламентирующий МВИ, может распространяться на несколько различных измеряемых (определяемых, контролируемых) характеристик (параметров) объекта. В этом случае показатели точности измерений должны быть приведены для каждой измеряемой (определяемой, контролируемой) характеристики (параметра).

7.2.3 В разделе типовой МВИ «Показатели точности измерений» приводят максимально допустимые для данной группы объектов (условий) значения показателей точности измерений, а также указывают: «Показатели точности измерений (показатели достоверности контроля) для конкретных типов объектов (условий измерений, испытаний или контроля) устанавливают и приводят в рабочих МВИ (свидетельстве об аттестации МВИ)».

7.2.4 Если описание всех операций и правил выполнения измерений (испытаний, контроля) достаточно полно сделано в типовой МВИ, в этом случае:

- допускается не разрабатывать рабочую МВИ;
- в свидетельстве(ах) об аттестации МВИ приводят показатели точности измерений, а также значения критериев контроля качества измерений для каждого конкретного типа объектов (условий измерений, испытаний или контроля).

7.3 Условия измерений, испытаний, контроля

7.3.1 Условия измерений, испытаний, контроля задают в виде номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений влияющих величин. При необходимости указывают предельные скорости изменений или другие характеристики влияющих величин.

7.3.2 Условия измерений, испытаний, контроля должны находиться в пределах, установленных эксплуатационной документацией на СИ, испытаний, контроля, применяющиеся в МВИ. Если такие отличия все же имеются, метрологические характеристики МВИ должны быть определены с учетом этих отличий.

7.4 Средства измерений, испытаний, вспомогательное оборудование, материалы, реактивы, применяемые в методике (методах) измерений

7.4.1 СИ при разработке МВИ для применения в сфере ГРОЕИ выбирают в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563.

7.4.2 В МВИ, применяемых вне сферы ГРОЕИ, допускается применение СИ, тип которых не утвержден, при этом возможны два варианта:

а) метрологические характеристики СИ определяют при их калибровке и учитывают при оценке характеристик погрешности МВИ как отдельные составляющие, в этом случае:

- разрабатывают методику калибровки этих СИ, включающую нормативы контроля метрологических характеристик (методика калибровки может быть включена в текст документа, регламентирующего МВИ);
- МВИ должна предусматривать проведение периодической и внеочередной (после ремонта или замены) калибровки СИ;

б) метрологические характеристики СИ не определяют отдельно, но при проведении экспериментальных исследований учитывают их влияние на характеристики погрешности МВИ, тогда:

- МВИ должна предусматривать проведение периодического контроля сходимости и правильности или точности измерений;

- в свидетельстве об аттестации МВИ должны быть указаны заводские (инвентарные) номера экземпляров СИ;

- при замене экземпляра СИ проводят переаттестацию МВИ.

7.4.3 Стандартные образцы, применяемые в МВИ сферы ГРОЕИ и в сфере ответственности уполномоченного органа, должны быть утвержденных типов. В МВИ допускается применение аттестованных объектов по [2].

7.4.4 В МВИ применяют химические реактивы квалификаций не ниже ч. д. а, если в МВИ не оговорены иные требования. Допускается применение реактивов более высокой квалификации, чем указано в МВИ.

7.4.5 В МВИ для приготовления водных растворов применяют дистиллированную воду по ГОСТ 6709. Применение бидистиллированной или деионизированной воды должно быть специально оговорено.

7.4.6 Применяемое в МВИс испытательное оборудование должно быть аттестовано. Комплекс точностных характеристик испытательного оборудования должен соответствовать возможности воспроизведения условий испытаний в заданных диапазонах с допускаемыми отклонениями в течение установленного интервала времени и должен быть достаточен для оценки воздействия условий испытаний на результаты испытаний. Аттестация испытательного оборудования включает:

- установление и подтверждение количественных значений точностных характеристик воспроизведения условий испытаний;

- установление пригодности использования испытательного оборудования в конкретных МВИс путем сравнения полученных оценок точностных характеристик со значениями, заданными в МВИс и характеризующими соответствующие условия испытаний.

7.4.7 В МВИк должны быть регламентированы требования к средствам измерительного контроля, к параметрам (приложение Б) и режиму проведения контроля.

7.5 Требования безопасности

7.5.1 При выполнении измерений, испытаний и контроля необходимо соблюдать:

- требования по [6]—[10];

- общие правила безопасности и конкретные требования безопасности, связанные с возможными опасностями от использования технических средств, при этом должны быть обеспечены условия, установленные ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.007.

При использовании в качестве реактивов и материалов опасных (токсичных, едких и т. д.) веществ должны быть соблюдены требования безопасности, указанные в нормативной документации по обращению с этими материалами.

7.5.2 Помещения лабораторий, их освещение, отопление, водоснабжение и канализация должны соответствовать СНиП 2.04.01—85, СНиП 11-89—80, СНиП 23-05—95, СНиП 31-03—2001, СНиП 41-01—2003 и [11].

7.5.3 Все электроустановки и электроаппаратура, используемые в МВИ, должны соответствовать требованиям [12] и ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 21130, ГОСТ Р 12.1.019.

7.6 МВИ должна регламентировать требования к уровню квалификации (профессии, образованию, практическому опыту и др.) операторов, выполняющих измерения.

7.7 Подготовительные процедуры

7.7.1 В МВИ приводят:

- процедуры отбора (при необходимости) и подготовки образцов (проб) для измерений, испытаний и контроля;

- порядок подготовки к работе применяемых СИ, испытаний, контроля.

7.7.2 Проведение градуировки (настройки, калибровки) СИ должно обеспечивать оптимальное значение погрешности градуировки (неопределенности результатов калибровки). Построение градуировочной (калибровочной) зависимости проводят расчетным способом с применением средств вычислительной техники. Периодичность построения градуировочной (калибровочной) зависимости и настройки аппаратуры указывают в МВИ. Если такого указания нет, то периодичность должна быть не реже одного раза в 3 мес.

7.8 Выполнение измерений

7.8.1 При измерениях соблюдают требования эксплуатационной документации на применяемые СИ, испытательное оборудование и т. д.

7.8.2 В документе, регламентирующем МВИ, приводят перечень, объем, последовательность измерений, критерии приемлемости результатов промежуточных измерений, требования к их представлению.

7.8.3 Если МВИ включает программное обеспечение, выполняющее измерительные функции, и существует возможность несанкционированного изменения программы, то с целью контроля ее сохранности МВИ должна регламентировать средства и методы тестирования сохранности программы либо исходный текст программных средств, а также предусматривать возможность восстановления исходного текста.

7.8.4 Программное обеспечение, осуществляющее измерительное преобразование и входящее в состав МВИ, для которых невозможно оценить характеристики погрешности МВИ в целом с использованием эталонов, стандартных образцов, аттестованных объектов, должно удовлетворять следующим требованиям:

- в эксплуатационной документации на программное обеспечение (или в соответствующем разделе МВИ) должны быть описаны доступные параметры настройки программного продукта и их действие на результат измерений;
- программное обеспечение должно быть доступно по входу, т. е. должны быть описаны структура входных данных (файла) и возможность запуска программного обеспечения с модельными входными данными;
- должны быть разработаны тестовые объекты (файлы), позволяющие тестировать правильность работы программного обеспечения.

Примечание — Влияние такого программного обеспечения на характеристики погрешности МВИ должно быть определено в рамках аттестации МВИ.

7.8.5 Если при выполнении процедур МВИ велика вероятность промаха (вследствие ошибок оператора при подготовке пробы, записи промежуточных результатов и т. д.) и МВИ предусматривает проведение параллельных определений, результаты параллельных определений могут быть проверены на наличие промахов. Для МВИ, в которых процедуры получения результата измерений осуществляются автоматически, без участия оператора, исключение промахов не допускается.

7.8.6 В МВИс должны быть описаны процедуры, обеспечивающие воспроизведение условий испытаний в заданных диапазонах с допускаемыми отклонениями в течение установленного интервала времени.

7.8.7 В МВИк должны быть описаны процедуры, обеспечивающие требования к условиям проведения контроля.

7.9 Процедуры контроля качества измерений

7.9.1 В МВИ должны быть регламентированы процедуры, периодичность проведения и установлены критерии (нормативы) внутрилабораторного оперативного и периодического контроля качества измерений при эксплуатации МВИ.

7.9.2 Оперативный контроль проводят для обнаружения выходов характеристик погрешности МВИ за приписанные значения, а также для накопления статистической информации о характеристиках погрешности МВИ.

7.9.3 Периодический контроль проводят для тех же целей и по аналогичным алгоритмам, что и оперативный контроль, но в тех случаях, когда проведение частого оперативного контроля нецелесообразно по техническим или невозможно по экономическим причинам.

7.9.4 Для контроля качества измерений выбирают наиболее оптимальную, с точки зрения информации о процессе измерения, схему, состоящую из комбинации контроля различных показателей качества измерений. Возможна реализация различных схем внутрилабораторного контроля показателей качества измерений, которые:

- в основном определяют характеристики погрешности МВИ;
- чувствительны к наиболее вероятному нарушению процесса измерений.

7.9.5 Основной вид контроля качества измерений — контроль точности (погрешности) результатов измерений — проводят с использованием образцов для контроля (стандартных образцов, аттестованных объектов), метода добавок или метода кратного изменения значения измеряемого параметра.

7.9.6 Контроль правильности проводят в случае необходимости проверки систематической составляющей погрешности МВИ с применением способов по 7.9.5, а также эталонов (мер).

7.9.7 Контроль сходимости проводят путем сравнения значения статистической оценки величины, характеризующей сходимость, с контрольным нормативом, значение которого пропорционально $\sigma_{сх}$ (или $\varepsilon_{сх}$).

7.9.8 Контроль воспроизводимости проводят:

а) если для МВИ невозможно создать образцы для контроля точности или правильности;

б) при необходимости контроля составляющих погрешности, значимо влияющих именно на воспроизводимость измерений (качество работы операторов, качество химических реактивов, соответствие метрологических характеристик применяемых в МВИ СИ установленным нормативами т. д.) в следующих формах контроля:

- полной воспроизводимости;
- чистой воспроизводимости (контролируется воспроизводимость измерений, обусловленная факторами, за исключением факторов, влияющих на сходимость измерений);
- частичной воспроизводимости (контролируется воспроизводимость измерений, обусловленная отдельными влияющими факторами).

7.9.9 В МВИ должны быть регламентированы меры, принимаемые в случаях невыполнения нормативов контроля качества измерений.

7.10 Вычисление и представление результатов измерений

7.10.1 Если в МВИ предусмотрены правила расчета результата измерений, выполняемого оператором, то должны быть приведены расчетные формулы.

7.10.2 Если МВИ предусматривает проведение нескольких параллельных определений, то:

- перед расчетом результата измерений в результаты параллельных определений вводят поправки, исключающие систематическую составляющую погрешности (если при аттестации МВИ установлено, что требуется введение поправок);
- в случае симметричного распределения результатов измерений результат измерения вычисляют как среднее арифметическое значение из n результатов параллельных определений;
- для логарифмически нормального распределения результат измерения вычисляют как среднее геометрическое значение из n результатов параллельных определений;
- в иных случаях асимметричного распределения в МВИ приводят формулы для расчета результата измерения.

7.10.3 Числовое значение результата измерений (испытаний) должно содержать последнюю цифру в том же разряде, в котором находится последняя значащая цифра абсолютной погрешности результата измерений (испытаний).

7.10.4 Результат измерений, испытаний представляют в виде $X \pm \Delta$, P, или $X \pm U$ (k) для симметричных доверительных границ погрешности, или X, $\Delta_н$, $\Delta_в$, P для асимметричных доверительных границ погрешности. Допускается не указывать доверительную вероятность, равную $P = 0{,}95$.

7.10.5 Если при выполнении измерений (испытаний) получено значение, находящееся вне диапазона измерений МВИ, то результат приводят в виде

$< {}^{н}A$ или $> {}^{в}A$,

где ${}^{н}A$, ${}^{в}A$ — нижняя и верхняя границы диапазона измерений соответственно.

Число значащих цифр при указании ${}^{н}A$, ${}^{в}A$ должно быть таким же, как в документации на МВИ.

Если при выполнении измерений (испытаний) получено значение менее суммарной погрешности МВИ Δ, то результат приводят в виде «$<\Delta$».

7.10.6 Форма записи результатов без указания погрешности допустима только при представлении результатов измерений (испытаний) характеристик (параметров) продукции, выпускаемой по документации (например, техническим условиям), при условии, что в такой документации есть ссылка на аттестованную МВИ.

7.10.7 Результат альтернативного контроля представляют в виде «годен, P_{baM}» или «брак». Допускается не указывать вероятность неверного отнесения, равную $P_{baM} = 0{,}05$.

8 Алгоритмы оценки метрологических характеристик

8.1 Составляющие погрешности измерений могут оценивать двумя способами: экспериментальным способом, включающим дальнейшую статистическую обработку результатов измерений с целью оценок характеристик погрешности, и с использованием уже известных сведений об отдельных составляющих погрешности.

При оценивании неопределенностей измерений используется аналогичный подход, регламентированный ГОСТ Р 54500.3, который классифицирует неопределенности измерений по способу их опре-

деления на два типа: по типу А определяют «составляющие, которые оценивают путем применения статистических методов»; по типу В — «составляющие, которые оценивают другими способами».

8.2 При оценке характеристик погрешности или неопределенности любыми методами применяют «консервативный» подход, обеспечивающий достоверность оценок погрешности: вероятность того, что истинное значение составляющей погрешности превысит приписанное значение, должна быть не более 5 %.

Примечание — Пояснение к понятию достоверности оценок погрешности приведено в приложении Г.

8.3 В качестве основного алгоритма оценки метрологических характеристик при аттестации МВИ применяют расчетно-экспериментальный способ со следующими особенностями:

- в необходимых случаях для оценки составляющих погрешности используют способ экспертных оценок;
- при необходимости рассматривают различные виды распределений, которым могут подчиняться составляющие погрешности;
- при необходимости учитывают «физическую корреляцию» между влияющими величинами;
- учитывают особенности оценивания метрологических характеристик методик с неустойчивой погрешностью, для которых небольшие изменения объекта или условий измерений могут приводить к резкому увеличению погрешности.

8.4 Чисто экспериментальный способ для оценки метрологических характеристик при аттестации МВИ (ГОСТ Р ИСО 5725-2, ГОСТ Р ИСО 5725-4) применяют для МВИ с устойчивой погрешностью:

- при наличии возможности получения большого количества (не менее 15) независимых результатов измерений (участия лабораторий) и если обеспечен случайный характер (рандомизация) независимых результатов измерений;
- если применяют «консервативный» подход к оцениванию составляющих погрешности.

8.5 Чисто расчетный способ применяют для оценки метрологических характеристик при аттестации МВИ в том случае, если измеряемая величина является расчетной величиной, представляющей функцию от результатов измерений, полученных с применением других методик (методов) и (или) СИ.

8.6 Определение случайной составляющей погрешности измерений в условиях сходимости $\varepsilon_{сх}$

8.6.1 Случайную составляющую погрешности измерений в условиях сходимости $\varepsilon_{сх}$, как правило, определяют экспериментальным способом.

8.6.2 Основным способом определения $\varepsilon_{сх}$ является способ прямого получения серий результатов измерений (параллельных определений) и оценки характеристик случайной составляющей погрешности по рассеиванию этих результатов.

8.6.3 Возможен способ косвенного определения $\varepsilon_{сх}$ путем получения серий результатов измерений отдельных величин X_i, входящих в расчетную формулу, оценки характеристик случайной составляющей погрешности каждой из этих величин $\varepsilon_{сх,i}$, и расчета $\varepsilon_{сх}$ по правилам косвенных измерений. Способ косвенного определения $\varepsilon_{сх}$ применим только в случае отсутствия влияния процедур пробоподготовки и (или) влияния условий испытаний. Недостатком способа является необходимость учета корреляции величин $\varepsilon_{сх,i}$.

8.6.4 Применение способа косвенного определения $\varepsilon_{сх}$ возможно также при наличии априорных данных о случайной составляющей погрешности СИ в том случае, если $\varepsilon_{сх}$ обусловлена только характеристиками СИ.

8.6.5 Возможно использование архивных данных, содержащих результаты параллельных определений при измерениях реальных объектов по аттестуемой МВИ.

8.6.6 Экспериментальные исследования сходимости результатов измерений, как правило, проводят на реальных объектах в реальных условиях применения МВИ.

Определение сходимости на стандартных образцах или аттестованных объектах допускается только в том случае, если стандартные образцы (аттестованные объекты) аналогичны по воздействию на результаты измерений реальным объектам.

Исключение составляют МВИ, специально предназначенные для определения характеристик неоднородности распределенных параметров.

8.6.7 При отличии закона распределения результатов измерений от нормального для более точной оценки границ погрешности рассматривают конкретный вид распределения, которому подчиняются результаты измерений.

8.7 Определение составляющей погрешности, обусловленной факторами «чистой» воспроизводимости

8.7.1 Погрешность, обусловленная факторами «чистой» воспроизводимости, может быть определена разными способами:

- полностью экспериментальным способом;
- с использованием уже известных сведений о составляющих погрешности;
- комбинированным (расчетно-экспериментальным) способом: часть погрешностей, образующих Θ (далее — влияющих погрешностей), определена экспериментальным способом, часть — с использованием уже известных сведений; затем эти погрешности, рассматриваемые как случайные величины, суммируют как случайные величины.

8.7.2 Достоинством способа определения Θ полностью экспериментальным способом является простота математических вычислений, легко поддающихся программированию. Недостатком схемы является необходимость полной рандомизации всех факторов, влияющих на величину Θ, что требует очень большого объема экспериментов. Реальный объем экспериментов не дает гарантии полной рандомизации, что приводит к занижению оценки погрешности. Примером определения Θ полностью экспериментальным способом является изложенная в ГОСТ Р ИСО 5725-2 схема многофакторного дисперсионного анализа.

8.7.3 Расчетный способ (способ определения Θ полностью с использованием уже известных сведений) применяют, если:

- известна описываемая аналитической формулой модель измерений, включающая все факторы, значимо влияющие на погрешность;
- погрешность от каждого влияющего фактора носит чисто систематический характер;
- известны границы (пределы) составляющих погрешности от каждого влияющего фактора.

8.7.4 Комбинированный (расчетно-экспериментальный) способ наиболее универсален.

8.7.5 Оценка вклада в показатели точности измерений наиболее часто встречающихся факторов

8.7.5.1 Оценка инструментальной составляющей погрешности измерений

Инструментальная (приборная) составляющая погрешности представляет собой погрешность СИ в реальных условиях его применения. Эту составляющую определяют или расчетным способом в соответствии с [13], или экспериментально путем калибровки СИ.

8.7.5.2 Определение погрешности величин, считаемых константами

Такими величинами могут быть мировые константы, справочные данные о составе и свойствах веществ и материалов и т. д. Источник информации о величинах, считаемых константами, должен содержать сведения о погрешности определения этих величин Δ_{con}. Если источник информации о величинах, считаемых константами, не содержит сведений о распределении погрешности, оно считается равномерным с математическим ожиданием, равным нулю, и пределами, равными $\pm\Delta_{con}$, $P = 1$.

В отчете (протоколе) об аттестации МВИ обязательна ссылка на источник информации.

8.7.5.3 Погрешности градуировки

Во многих МВИ применяют СИ, требующие градуировки. Задачей градуировки является построение градуировочной характеристики — функциональной зависимости выходного сигнала СИ от величины входного сигнала (для СИ, подлежащих калибровке, применяют также термин «калибровочная характеристика», имеющий тот же смысл). Источником входного сигнала (ИВС) могут быть аттестованные значения стандартных образцов, мер, аттестованных объектов и т. д. В дальнейшем градуировочная характеристика используется или для получения результатов измерений, или для внесения в них поправок, исключающих систематическую составляющую погрешности. Для МВИк градуировочная характеристика используется для правильного установления величины выходного сигнала, соответствующей границе поля контрольного допуска. Если строится индивидуальная градуировочная характеристика данного СИ, то необходимо оценить погрешность ее построения.

В общем случае на погрешность градуировочной характеристики влияют следующие факторы:

а) неадекватность математической модели (вид функции, описывающей градуировочную характеристику);

б) погрешности источника входного сигнала;

в) погрешности определения величин выходного сигнала;

г) возможная некорректность алгоритма построения градуировочной характеристики.

Алгоритм построения градуировочной характеристики должен учитывать указанные факторы при расчете погрешности градуировки.

8.7.5.4 Погрешности от влияющих факторов

Исследование погрешностей от влияющих факторов, как правило, представляет собой самостоятельную задачу. Наиболее часто исследуют влияние фактора при его граничных значениях, т. е. оценивают погрешность при номинальном (среднем) значении влияющего фактора, максимальном и минимальном значениях.

8.8 Суммирование составляющих погрешности

8.8.1 Суммирование составляющих погрешности, определенных расчетно-экспериментальным методом, может быть выполнено тремя способами:

- последовательное аналитическое интегрирование функций распределения «влияющих» погрешностей; способ может быть рекомендован для получения более точной оценки погрешности в том случае, когда количество суммируемых «влияющих» погрешностей не более трех;
- приближенный расчет по компьютерной программе, реализующей численное интегрирование или моделирование суперпозиции «влияющих» погрешностей с помощью генератора случайных чисел; способ может быть применен, если относительная погрешность вычисления квантилей результирующего распределения не превышает 2 %;
- приближенный расчет по формулам, приведенным в ГОСТ Р 8.736 и ГОСТ Р 54500.3.

8.8.2 При применении формул по ГОСТ Р 54500.3 необходимо учитывать, что они дают приемлемые результаты, если количество суммируемых «влияющих» погрешностей не менее трех и они близки друг к другу.

8.8.3 ГОСТ Р 8.736 может быть использован только для суммирования систематических составляющих погрешностей, выраженных в виде пределов погрешности (доверительных границ погрешности при вероятности, равной 1, см. пункт 5.22 [4]) при условии равномерного распределения составляющих погрешностей.

8.8.4 При суммировании составляющих погрешности должна быть учтена их взаимная корреляция. Учет корреляции для составляющих погрешности, оцениваемых экспериментальным способом, осуществляют путем оценки коэффициентов корреляции методами математической статистики. Для составляющих погрешности, оцениваемых с использованием уже известных сведений, корреляцию исключают путем ортогонализации расчетной формулы.

8.9 Определение составляющей погрешности, характеризующей правильность измерений

8.9.1 Установление показателя правильности МВИ (оценку значимости систематической погрешности МВИ) проводят в случаях, когда:

- понятие «правильности» для МВИ существует, т. е. существует само понятие «истинного» значения результата измерений (для МВИс это понятие как таковое отсутствует, см. приложение В);
- возможно существование фактора, не учтенного при оценивании неисключенной систематической составляющей погрешности, что приведет к систематическому сдвигу результатов измерений. Такая ситуация может возникнуть, например, вследствие неполного выделения анализируемого компонента при процедуре пробоподготовки, несоответствия по влияющим факторам стандартных образцов, по которым проводят градуировку аппаратуры, реальным объектам и т. д. В таких случаях необходимо проверить правильность измерений.

8.9.2 Для определения составляющей погрешности, характеризующей правильность измерений, применяют универсальные и специальные методы:

- метод сравнения результатов измерений с аттестованными значениями стандартных образцов (аттестованных объектов) (универсальный метод);
- метод сравнения результатов измерений, выполненных по аттестуемой МВИ, с результатами измерений, полученными по МВИ более высокой точности (универсальный метод);
- покомпонентный метод (универсальный метод);
- метод добавок, метод разбавления, метод варьирования навески, метод добавок в сочетании с методом разбавления (специальные методы для МВИ характеристик делимых веществ и материалов, в том числе МКХА);
- метод экспертных оценок (специальный метод для МВИ, при аттестации которых нельзя использовать ни один из указанных выше методов).

8.9.3 Составляющую погрешности, характеризующую правильность измерений, включают в неисключенную систематическую составляющую погрешности Θ или в расширенную неопределенность от остальных факторов $U_{ос}$ по правилам сложения случайных величин.

8.10 Границы суммарной погрешности МВИ вычисляют как композицию составляющих погрешности ε и Θ, рассматриваемых как случайные величины.

8.11 Объединение оценок характеристик погрешности в диапазоне измерений

8.11.1 Возможны три способа объединения оценок характеристик погрешности в диапазоне измерений:

8.11.1.1 Характеристики погрешности могут быть представлены в виде функциональной зависимости от измеряемой величины во всем диапазоне (6.4.2) путем аппроксимации верхних границ оценок аналитической функцией.

8.11.1.2 Диапазон измерений может быть разбит на поддиапазоны, которые можно будет характеризовать одним общим для этого поддиапазона значением характеристики погрешности (абсолютной или относительной). При этом должно быть установлено примерное постоянство характеристик погрешности в поддиапазоне. Разность характеристик погрешности в соседних поддиапазонах не должна превышать 50 %.

8.11.1.3 Комбинация двух предыдущих. В большинстве случаев характеристики погрешности во всем диапазоне аппроксимируют кусочно-линейной функцией.

9 Особенности способов оценки метрологических характеристик

9.1 Особенности оценки метрологических характеристик методик количественного химического анализа

9.1.1 На практике понятие «параллельные определения» для МКХА может быть неоднозначно. Статистику для оценки случайной составляющей погрешности в условиях сходимости следует набирать для тех результатов измерений, которые считаются параллельными в тексте МВИ.

9.1.2 Для МКХА характерно наличие факторов, формирующих неисключенную систематическую составляющую погрешности, не входящих непосредственно в расчетную формулу. Чаще всего это факторы пробоподготовки. При расчете погрешности, обусловленной пробоподготовкой, должны быть суммированы погрешности, вносимые всеми операциями по пробоподготовке.

9.2 Особенности применения метода экспертных оценок для оценки правильности в некоторых случаях (для МВИ, при аттестации которых нельзя использовать ни один из указанных в 8.9.2 методов оценки правильности) для оценки значимости систематического сдвига может быть применен метод экспертных оценок. Экспертные оценки измеряемого параметра должны выполняться ведущими специалистами отрасли по данному виду измерений. При этом не следует стремиться к увеличению количества специалистов в ущерб качеству экспертных оценок. Достаточно двух квалифицированных специалистов. Оценка правильности аналогична оценке по стандартным образцам; при этом аналогом «аттестованного» значения является среднее арифметическое результатов, полученных экспертами, а оценкой «погрешности» — половина размаха этих результатов.

9.3 Особенности оценки метрологических характеристик методик измерений при испытаниях

9.3.1 При оценке сходимости результатов испытаний с воздействием на объект наиболее сложным является получение однородных образцов для испытаний. Это необходимо потому, что в большинстве МВИс испытуемые образцы разрушаются и невозможно выполнить параллельные определения. В некоторых случаях уменьшить влияние неоднородности на оценку сходимости удается специальным планированием экспериментальных исследований. Но чаще приходится специально изготавливать образцы, стремясь к их максимальной однородности, исходя из физико-химических особенностей МВИс. В остальном методы оценки сходимости не отличаются от указанных выше.

9.3.2 Если МВИс предусматривает испытательное воздействие, влияние ряда воздействующих факторов часто даже невозможно предвидеть. Поэтому при аттестации этих методик для определения чистой воспроизводимости следует применять схему многофакторного дисперсионного анализа в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-2, стремясь обеспечить максимальную рандомизацию влияния факторов.

9.3.3 Сравнительные испытания

9.3.3.1 Для МВИс довольно часто возникает ситуация, когда уже аттестованную МВИс начинает применять предприятие, не участвовавшее в аттестации (или на том же предприятии начинает применяться новое испытательное оборудование). В этом случае обязательна процедура подтверждения

несмещенности результатов испытаний (эту процедуру часто называют также сравнительными испытаниями).

9.3.3.2 Процедура подтверждения несмещенности аналогична проверке незначимости влияющего фактора. В случае выполнения критерия незначимости МВИс можно считать аттестованной с теми же характеристиками погрешности. В противном случае необходимы дополнительные исследования причин смещенности результатов и, возможно, доработка или переаттестация МВИс.

9.3.4 Образцы для контроля качества результатов испытаний

9.3.4.1 Для МВИс вследствие структуры погрешности не могут быть созданы стандартные образцы. Целесообразным является создание аттестованных объектов (образцов для контроля качества результатов испытаний), которые могли бы служить для контроля несмещенности результатов испытаний.

9.3.4.2 Для получения таких образцов партию однородных образцов изготавливают в увеличенном объеме и делят на две части. Одну часть однородных образцов подвергают испытаниям и по полученным результатам приписывают им «аттестованное» значение. Другую часть однородных образцов используют в дальнейшем для контроля качества результатов испытаний.

9.4 Особенности оценки метрологических характеристик методик измерений при измерительном контроле

9.4.1 В МВИк на показатели достоверности контроля влияет не только погрешность измерения, но и погрешность сравнения. Такая ситуация возникает в двух случаях:

а) выходное средство контроля сравнивает результат измерения с установленной границей поля контрольного допуска G_γ и принимает решение без участия оператора, например об отнесении контролируемого объекта к годным или дефектным;

б) выходное средство контроля, сообщающее результат измерения, имеет цену наименьшего разряда e, сравнимую с погрешностью измерений.

9.4.2 Погрешность МВИк представляет собой композицию погрешности измерения и погрешности сравнения. Для второго случая в 9.4.1 погрешность сравнения равна $\pm e/2$ и распределена равномерно. Для первого случая погрешность сравнения необходимо определить как композицию погрешности задания опорного значения и погрешности устройства сравнения (компаратора).

9.4.3 Некоторые МВИк осуществляют измерительное преобразование входного сигнала, но сигнал на выходе измерительного преобразователя (и на входе устройства сравнения) доступен — МВИк измерительно-преобразовательного типа. Для определения характеристик погрешности измерительного контроля необходимо выразить все составляющие погрешности в единицах контролируемой величины.

Алгоритмы определения характеристик погрешности для таких МВИк аналогичны описанным в разделе 8, причем всегда необходимо строить функцию преобразования (градуировочную характеристику) измерительного преобразователя и оценивать погрешность ее построения.

В результате часть полученных значений влияющих погрешностей будет выражена в единицах контролируемой величины, а часть — в единицах выходного сигнала. Все влияющие погрешности, а также параметры методики контроля необходимо выразить в единицах контролируемой величины, используя построенную функцию преобразования, а затем вычислить характеристики погрешности МВИк.

9.4.4 Схема прямого альтернативного эксперимента для определения показателя достоверности P_{baM} и P_{grM} заключается в выполнении нескольких (не менее 60) «прогонов» стандартного образца (аттестованного объекта) с аттестованным значением, соответствующим границе поля допуска для контролируемого параметра G (для оценки P_{grM} используют стандартный образец с аттестованным значением, соответствующим границе зоны риска изготовителя G_β), и фиксировании количества отрицательных результатов. Доверительные границы показателей достоверности определяют, исходя из биномиального распределения количества отрицательных результатов. В качестве приписанного значения показателя достоверности берется верхняя граница доверительного интервала ${}^{a}P_{baM}$.

9.4.5 Особенности оценки метрологических характеристик методик контроля дефектов материалов и изделий

МВИк часто используют для контроля наличия дефектов (раковин, трещин, царапин, рисок, вмятин и других несплошностей) в материале изделий. Дефекты в реальных изделиях могут иметь самую разнообразную форму и размеры, и практически невозможно охватить все встречающиеся виды реальных дефектов и исследовать на них метрологические характеристики МВИк. Поэтому в таких случаях допускается формализация видов дефектов путем сведения их видов к ограниченному количеству реалистичных или искусственных дефектов, которые легко воспроизвести. По всем остальным влияющим факторам аттестованные объекты, содержащие дефекты, должны быть идентичны реальным объектам.

Примечание — Формализацию видов дефектов, включая полное описание требований к реалистичным и (или) искусственным дефектам, осуществляет ведущая материаловедческая организация, разрабатывающая требования к контролю изделий.

9.5 Особенности оценки метрологических характеристик МВИ с неустойчивой погрешностью

9.5.1 У некоторых МВИ при измерении характеристик отдельных объектов наблюдается резкое увеличение случайной и (или) систематической погрешности. При этом важно отметить, что такая неустойчивость погрешности обусловлена не промахами, а свойствами самой МВИ.

9.5.2 Теория оценки погрешности для МВИ с неустойчивой погрешностью в настоящее время отсутствует. «Классические» статистические методы оценки погрешности в данном случае не подходят.

9.5.3 Практически единственным способом оценки погрешности МВИ с неустойчивой погрешностью является получение максимальной оценки, исходя из набора такого большого количества статистических данных, чтобы количество неустойчивых ситуаций было достаточно представительным.

9.5.4 Для определения неустойчивых ситуаций рекомендуется алгоритм последовательного исключения аномальных результатов из общей совокупности оценок погрешности: для случайной составляющей погрешности — по критерию Кохрена; для систематической составляющей погрешности — по критерию исключения промахов, до тех пор пока соответствующий критерий не будет выполнен. Результаты, признанные аномальными, представляют неустойчивые ситуации.

9.5.5 Значения оценок случайной составляющей погрешности (СКО сходимости), относящиеся к неустойчивым ситуациям, обрабатывают, строя функциональную зависимость оценок от измеряемой величины.

9.5.6 Положительные и отрицательные оценки систематической погрешности обрабатывают отдельно друг от друга, также строя функциональные зависимости оценок от измеряемой величины. Полученные границы будут являться границами неисключенной систематической составляющей погрешности, обусловленной неустойчивостью.

Приложение А
(справочное)

Методики, не требующие регламентации и (или) аттестации

А.1 В технической документации часто встречается термин «методика» (измерений, испытаний, контроля). В определенных случаях эти методики не должны классифицироваться как МВИ, не подлежат аттестации с оформлением свидетельства об аттестации и (или) регламентации в виде отдельного документа. Ниже рассмотрены подобные случаи.

А.2 Методики, не требующие аттестации

А.2.1 Методики, в которых отсутствует процедура измерения (или измерительного преобразования)

А.2.1.1 Данными методиками являются методики испытаний (контроля), включающие качественную оценку (контроль) или непосредственное сравнение с мерой (образцом).

А.2.1.2 Регламентация таких методик, возможно, является необходимой вследствие сложности процедур задания условий испытаний вследствие необходимости документального описания образцов сравнения и т. д.

А.2.1.3 Для методик, включающих сложные процедуры задания условий испытаний (например, требующих применения специального испытательного оборудования или включающих измерения параметров условий испытаний), и методик непосредственного сравнения необходимо проведение метрологической экспертизы с целью подтверждения соответствия условий испытаний (измерений) требуемым нормам.

А.2.2 Методики, регламентация правил измерений по которым полностью определена нормативной документацией (руководством по эксплуатации) на применяемое СИ и погрешность измерений равна инструментальной погрешности, которую можно определить расчетным путем по [13], исходя из метрологических характеристик СИ, свойств измеряемого объекта и условий измерений.

А.2.3 Методики, характеристики погрешности измерений по которым определяют в процессе или после их применения. Такие методики могут применять, в частности, при исследовании метрологических характеристик стандартных образцов и при получении стандартных справочных данных. В этом случае отчет (протокол) исследования должен содержать описание методов экспериментального и теоретического определения характеристик погрешности измерений по данным методикам.

А.3 Методики, не требующие регламентации

А.3.1 Не требуют отдельной регламентации методик, описание которых вследствие его простоты может быть включено непосредственно в нормативный документ, регламентирующий технические требования (технические условия).

А.3.2 Исследование метрологических характеристик таких методик может оказаться необходимым. В этом случае характеристики погрешности измерений (испытаний) и (или) показатели достоверности контроля указывают непосредственно в нормативном документе согласно А.3.1.

А.4 Наиболее часто встречающиеся примеры

А.4.1 Методики порогового контроля, как правило, не требуют регламентации в виде отдельного документа, поскольку вследствие простоты процесса сравнения описание методики порогового контроля может быть включено непосредственно в документ, регламентирующий технические требования к продукции (технические условия).

Примечание — Пороговый контроль — это контроль, при котором решение об отнесении объекта к одной из групп принимается путем непосредственного сравнения контролируемого параметра с границами поля контрольного допуска без проведения измерения.

Пример — Контроль размера изделия с помощью проходного калибра.

А.4.2 Методики порогового контроля, как правило, не требуют аттестации, поскольку их единственным показателем достоверности является наихудшее (наибольшее или наименьшее) значение контролируемого параметра любого объекта, который может быть отнесен к определенной группе (например, признан годным или дефектным), — Δ_{xMba} [14]. Соответствие значения показателя Δ_{xMba} требуемой норме может быть установлено путем метрологической экспертизы методики порогового контроля.

А.4.3 Методики качественного контроля требуют регламентации, включающей описание или визуальное представление (например, фотография) качественных признаков объекта контроля, по которым проводят отнесение объекта к той или иной группе, или описание (визуальное представление) объектов сравнения, заведомо относящихся к той или иной группе.

Примечание — Качественный контроль — это контроль, при котором решение об отнесении объекта к одной из групп принимается без проведения измерения, путем качественного (например, визуального) сравнения

контролируемого объекта с объектами, заведомо принадлежащими к определенным группам, например заведомо годным и к заведомо дефектным объектам.

Пример — Сравнение с образцами внешнего вида изделия.

А.4.4 Методики качественного контроля не требуют аттестации.

А.4.5 Методики качественных испытаний регламентируют процесс задания условий испытаний и включают качественный контроль. Методики качественных испытаний не требуют аттестации.

Приложение Б
(справочное)

Терминология и отличительные признаки методик (методов) измерений

Б.1 Термины, применяемые во всех видах методик (методов) измерений

Б.1.1 **проба:** Часть анализируемого объекта, отобранная для проведения измерений (анализа).

Б.1.2 **навеска (аликвота):** Часть пробы, используемая при выполнении одного определения.

Б.1.3 **параллельные определения:** Многократное проведение в условиях сходимости всей совокупности операций (включая операции подготовки объекта к измерению), предусмотренных МВИ, заканчивающееся вычислением результата измерения.

Б.1.4 **параллельное наблюдение:** Проведение части операций, предусмотренных МВИ, за исключением операций подготовки объекта к измерению, заканчивающейся нахождением значения выходного сигнала.

Б.1.5 **выходной (аналитический) сигнал:** Величина, получаемая на выходе применяемого в МВИ средства измерений (измерительного прибора, преобразователя, установки, системы) и связанная однозначной зависимостью с измеряемой величиной.

Б.2 Пояснения к терминам «испытания» и «методика измерений при испытаниях»

Б.2.1 Из определения термина «испытания» по ГОСТ 16504—81 (статья 1) следует, что испытания могут не содержать определения количественных характеристик свойств объекта испытаний, т. е. включают лишь качественный контроль. Методики таких испытаний не являются МВИ, не включают МВИ, и на них настоящий стандарт не распространяется.

Б.2.2 Испытание может включать определение количественных характеристик свойств объекта при его функционировании. Такое определение осуществляется либо прямыми измерениями с использованием СИ, либо косвенными измерениями с применением МВИс, не включающих воздействие на объект. Структура погрешности таких МВИс аналогична структуре погрешности МКХА и МИС.

Б.2.3 Испытание может включать определение количественных характеристик объекта как результата воздействия на него, осуществляемое косвенными измерениями, т. е. с использованием МВИс. Структура погрешности таких МВИс отличается от структуры погрешности МКХА и МИС и включает погрешности, обусловленные влиянием воздействующих на объект факторов.

Б.2.4 ГОСТ 16504 включает определение характеристик свойств объекта при моделировании объекта и (или) воздействий. Использование моделей объекта (вместо реальных объектов) и модельных воздействий (вместо воздействий в реальных условиях эксплуатации объекта) на объект не противоречит приведенной в Б.2.1—Б.2.3 классификации методик испытаний и МВИс.

Б.3 Отличительные признаки и классификация методик измерений при измерительном контроле

Б.3.1 МВИк выделяют из общего понятия МВИ в связи с тем, что они, как правило, предназначены не для измерений характеристик объектов в широком диапазоне, а лишь для контроля характеристик в достаточно узком диапазоне, позволяющем осуществить отнесение объектов к различным группам. Кроме того, некоторые МВИк не получают или не сообщают результатов измерений, а сообщают лишь результат контроля, т. е. результат отнесения объекта к той или иной группе, хотя и осуществляют измерение или измерительное преобразование, на основании которого принимается соответствующее решение.

Б.3.2 МВИк подразделяют на МВИк измерительного типа, МВИк измерительно-преобразовательного типа и МВИк альтернативного типа.

Б.3.3 МВИк измерительного типа регламентируют процедуру получения результатов измерений характеристики объекта и процедуру их сравнения с границами поля контрольного допуска с целью отнесения объекта к нескольким группам, например к различным маркам сплавов, различным группам размеров и т. д. Наиболее часто встречается отнесение к двум группам: к группе годных объектов и к группе дефектных объектов. Процесс сравнения в МВИк измерительного типа, как правило, осуществляется с помощью технических средств (компаратор, контроллер, компьютерная программа).

Б.3.4 МВИк измерительно-преобразовательного типа не выводят (не сообщают) результат измерения контролируемого параметра, но осуществляют измерительное преобразование значения контролируемого параметра в значение выходного сигнала, которое затем сравнивается с границами поля контрольного допуска, и результат контроля представляется в альтернативной форме (например, «годный» — «дефектный»).

Б.3.5 МВИк альтернативного типа — МВИк измерительно-преобразовательного типа, для которой выходной сигнал недоступен для пользователя или трудно доступен по техническим причинам (см. примечание к 6.3.10).

Б.4 Показатели достоверности измерительного контроля

Б.4.1 В настоящем стандарте рассмотрены предельные показатели достоверности P_{bnM}, P_{grM} в отличие от ГОСТ Р 8.731, который рассматривает показатели достоверности, усредненные по распределению контролируемого параметра. Обе группы показателей достоверности описаны в [14].

Б.4.2 Системы допускового контроля по ГОСТ Р 8.731 также могут применять в области использования атомной энергии, если контролируемый параметр является регулярной величиной, которая может быть описана определенным распределением вероятности. Системы допускового контроля могут включать МВИ, которые должны быть аттестованы, но сами как вид МВИ не классифицируются.

Б.5 Понятия и термины, применяемые в методиках измерений при измерительном контроле

Б.5.1 Оперативная характеристика измерительного контроля — зависимость вероятности отнесения объекта к определенной группе (например, признания объекта дефектным) от значения контролируемого параметра *X*:*L*(*X*).

Б.5.2 Параметрами МВИк являются границы:

- поля допуска контролируемого параметра *G*. Иначе границы поля допуска называют нормами;
- поля контрольного допуска G_γ — значения, с которыми при выходном контроле (на предприятии-изготовителе) сравнивается результат измерения (измерительного преобразования). Иначе границы поля контрольного допуска допускается называть приемочными значениями или приемочными границами;
- зоны риска изготовителя G_β — значения, для которых неверное отнесение объекта к определенной группе (например, неверное признание годного объекта дефектным) имеет существенные отрицательные последствия для предприятия-изготовителя.

Примечание — Если на контролируемый параметр установлен односторонний допуск «не более», то:

- всегда имеет место соотношение $G_\beta < G_\gamma < G$;
- при контроле на предприятии-изготовителе объект признается годным, если $X \le G_\gamma$, на предприятии-потребителе — если $X \le G$;
- разность $Z = G - G_\gamma$ представляет собой смещение приемочных границ.

Б.5.3 Показателями достоверности измерительного контроля являются вероятности неверного отнесения (определения даны для случая отнесения объектов к группам годных и дефектных):

- P_{baM} — наибольшая вероятность ошибочного признания годным в действительности дефектного объекта, $P_{baM} = 1 - L(G)$;
- P_{grM} — наибольшая вероятность ошибочного признания дефектным в действительности годного объекта, $P_{grM} = L(G_\beta)$.

Б.5.4 Погрешность сравнения ε_{cp} — погрешность сравнения контролируемого параметра *X* с границами поля контрольного допуска G_γ (на предприятии-изготовителе) или с границами поля допуска *G* (на предприятии-потребителе), равная сумме погрешности задания границ $G_\gamma(G)$ погрешности устройства сравнения контролируемого параметра *X* с $G_\gamma(G)$.

Б.5.5 Погрешность измерительного контроля — сумма погрешности (суммарной) измерения (измерительного преобразования) при контроле и погрешности сравнения.

Б.5.6 Связь между погрешностью измерительного контроля и вероятностями неверного отнесения для случая одностороннего допуска «не более...» ($G > 0$) вычисляют по формулам:

$$P_{baM} = 1 - \int_{-\infty}^{G-G_\gamma} \varphi(\Delta)\,d\Delta, \qquad (Б.1)$$

$$P_{grM} = \int_{-\infty}^{G_\beta - G} \varphi(\Delta)\,d\Delta, \qquad (Б.2)$$

где $\varphi(\Delta)$ — плотность распределения вероятности погрешности измерительного контроля.

В случае нормального распределения вероятности с математическим ожиданием G_γ и дисперсией σ^2

$$\varphi(\Delta) = (2\pi\sigma)^{-1/2} exp(-\Delta^2/2\sigma^2); \qquad (Б.3)$$

связь между погрешностью измерительного контроля и вероятностями неверного отнесения P_{baM}, P_{grM} представлена формулами:

$$P_{baM} = 1 - \Phi[(G - G_\gamma)/\sigma], \qquad (Б.4)$$

$$P_{grM} = \Phi[(G_\beta - G_\gamma)/\sigma], \qquad (Б.5)$$

где $\Phi(t) = (2\pi)^{-1/2} \int_{-\infty}^{t} exp(-X^2/2)dX.$ (Б.6)

Б.5.7 На рисунке Б.1 показано графическое представление оперативной характеристики $L(X)$, параметров методики измерительного контроля *G*, G_γ, G_β и вероятностей неверного отнесения P_{baM}, P_{grM} для случая одностороннего допуска «не более...».

Б.5.8 Пункты Б.5.1—Б.5.7 распространяются на одномерный двуальтернативный контроль (используется терминология ГОСТ Р 8.731). Аналогично ГОСТ Р 8.731 задача многомерного многоальтернативного контроля сведена к многократному решению задач одномерного двуальтернативного контроля. В общем случае могут быть

определены несколько величин X_j, каждая из которых, в свою очередь, является функцией нескольких измеряемых величин x_i:

$$X_j = f_j(x_1, \ldots x_n). \quad (Б.7)$$

При этом можно применять решающее правило в виде совокупности условий вида

$$X_j \le C_j, \quad (Б.8)$$

объединенных логическими условиями вида «И» и «ИЛИ».

В общем случае характеристики погрешности величин X_j рассчитывают по правилам косвенных измерений, а показатели достоверности — по формулам (Б.4), (Б.5) и правилам суммирования вероятностей.

Б.5.9 Выполнение условия $P_{baM} \le 0{,}05$ обеспечивает выполнение требования [2]: «Нормы точности или установленные приемочные значения должны обеспечивать вероятность правильного принятия положительного решения не менее 0,95» (см. также 6.3.8).

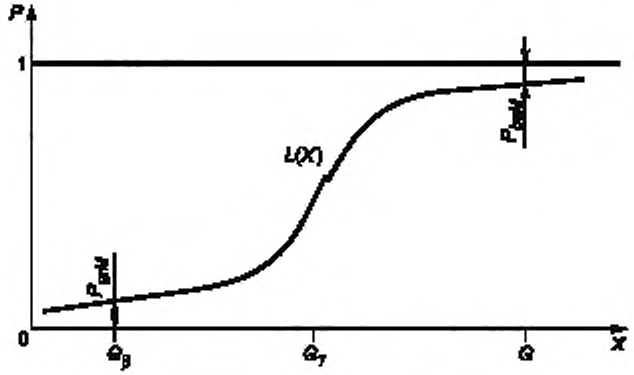


Рисунок Б.1 — Графическое представление оперативной характеристики

Приложение В
(справочное)

Обоснование комплекса метрологических характеристик методик (методов) измерений

В.1 Метрологические характеристики методик количественного химического анализа и методик измерений характеристик свойств

В.1.1 Установление характеристик погрешности измерений осуществляется на основе следующей модели представления суммарной погрешности:

$$F = f_{сх} * f_{вс,\ сх} + f_{прав}, \quad (В.1)$$

где $f_{сх}$ — часть погрешности измерений, обусловленная факторами, приводящими к разбросу результатов измерений в условиях сходимости (далее — факторами сходимости);

$f_{вс,\ сх}$ — часть погрешности измерений, обусловленная факторами, приводящими к разбросу результатов измерений в условиях воспроизводимости, за исключением факторов сходимости (далее — факторами «чистой» воспроизводимости);

$f_{прав}$ — часть погрешности измерений, обусловленная факторами, приводящими к отклонениям результата измерений от фактического значения, за исключением факторов сходимости и воспроизводимости (далее — факторами правильности);

* — символ суммирования погрешностей, рассматриваемых как случайные величины.

В.1.2 Составляющая погрешности $f_{сх}$ имеет случайный характер.

В.1.3 По отношению к измерениям, проводимым в условиях сходимости, составляющая погрешности $f_{вс,\ сх}$ имеет систематический характер, а по отношению к измерениям, проводимым в условиях воспроизводимости, — случайный характер.

В.1.4 Составляющая погрешности $f_{прав}$ имеет систематический характер, и ее исключают при разработке и аттестации МВИ путем введения поправки к результатам измерений. Тогда модель погрешности МВИ можно представить в виде

$$F = f_{сх} * f_{вс,\ сх} * f_{с}, \quad (В.2)$$

где $f_{с}$ — неисключенный остаток систематической составляющей погрешности.

Примечание — Значение характеристики неисключенного остатка систематической составляющей погрешности измерений $f_{с}$ численно равно величине критерия при оценке значимости систематической составляющей погрешности.

В.1.5 В настоящем стандарте составляющая погрешности $f_{вс,\ сх}$ рассмотрена как часть неисключенной систематической составляющей погрешности.

Для этого есть следующие практические основания:

а) Следует устанавливать такие характеристики погрешности, которые будут использовать при применении МВИ. Многие МВИ используют в целях контроля продукции, при этом измерения осуществлены, как правило, в условиях сходимости. В то же время на показатели достоверности контроля продукции систематическая и случайная составляющие погрешности влияют по-разному. Поэтому необходимо разделение $f_{вс,\ сх}$ и $f_{сх}$.

б) Если составляющая погрешности $f_{вс,\ сх}$ будет включена в случайную составляющую, у пользователя МВИ создастся впечатление, что он может уменьшить погрешность измерений путем увеличения количества параллельных определений и рассчитать ее, хотя это не так.

в) Полностью обеспечить варьирование всех факторов воспроизводимости (разное время, разные экземпляры средств измерений, разные исполнители и т. д.) нельзя. В области использования атомной энергии применяют многие МВИ с уникальными СИ, существующие в ограниченном количестве экземпляров, а то и в единственном экземпляре. В таких случаях единственным способом определения составляющей погрешности $f_{вс,\ сх}$ является расчетно-экспериментальный способ, при котором она рассчитывается путем суммирования составляющих ее образующих, рассматриваемых как неисключенные систематические.

В.2 Метрологические характеристики методик измерений при испытаниях

В.2.1 Установление характеристик погрешности результатов испытаний осуществляется на основе следующей модели представления суммарной погрешности МВИс

$$F = {}^{изм}f_{сх} * {}^{изм}f_{вс,\ сх} * {}^{усл}f = ({}^{изм}f_{сх} * {}^{изм}f_{вс,\ сх}) * ({}^{усл}f_1 * \ldots * {}^{усл}f_i * \ldots * {}^{усл}f_m) = {}^{изм}f_{сх,\ изм} * {}^{изм}f_{вс,\ сх,\ изм} *$$
$$* ({}^{усл}f_{сх,1} * \ldots * {}^{усл}f_{сх,k}) * ({}^{усл}f_{вс\text{-}сх,1} * \ldots * {}^{усл}f_{вс\text{-}сх,n}) = {}^{изм}f_{сх} * {}^{изм}f_{вс\text{-}сх} * ({}^{усл}f_{сх}) * ({}^{усл}f_{вс\text{-}сх}) =$$
$$= ({}^{изм}f_{сх} * {}^{усл}f_{сх}) * ({}^{изм}f_{вс,\text{-}сх} * {}^{усл}f_{вс,\ сх}) = {}^{исп}f_{сх} * {}^{исп}f_{вс,\ сх}, \qquad (В.3)$$

где ${}^{изм}f_{сх}$ — составляющая погрешности измерений, обусловленная факторами сходимости измерений параметра, определяемого при испытании;

${}^{изм}f_{вс,\ сх}$ — составляющая погрешности измерений, обусловленная факторами «чистой» воспроизводимости измерений параметра, определяемого при испытании;

${}^{усл}f$ — составляющая погрешности результатов испытаний, обусловленная влиянием условий испытаний (воздействующих факторов);

${}^{усл}f_i$(*i* от 1 до *m*) — составляющие погрешности результатов испытаний, обусловленные влиянием *i*-го фактора влияния условий испытаний; эти составляющие разделены на две группы:

$({}^{усл}f_{сх,1}, \ldots, {}^{усл}f_{сх,k})$ — составляющие погрешности, приводящие к разбросу результатов испытаний в условиях сходимости;

$({}^{усл}f_{вс,\ сх,1}, \ldots, {}^{усл}f_{вс,\ сх,n})$ — остальные составляющие погрешности влияния условий испытаний.

В.2.2 Таким образом, отличия модели погрешности МВИс, описываемой формулой (В.3), от модели, описываемой формулой (В.2), заключаются в следующем:

- погрешность МВИс складывается из составляющих погрешности измерений параметра, определяемого при испытаниях, и составляющих погрешности, обусловленных влиянием условий испытаний. Это положение находится в соответствии с [3];

- в модели погрешности МВИс отсутствует неисключенный остаток систематической составляющей погрешности f_c.

В.2.3 Рекомендация [14] следующим образом описывает термины «погрешность испытаний» и «характеристики погрешности испытаний»: «5.3 За погрешность испытаний образца принимают разность между результатом измерений параметра, определяемого при испытаниях образца продукции, полученным при фактических условиях испытаний, и истинным значением определяемого параметра, которое он имеет при параметрах условий испытаний, точно равных своим номинальным значениям или тем значениям, при которых требуется определять параметр образца»; «5.5 В качестве характеристик погрешности испытаний используют характеристики, аналогичные ... погрешности измерений».

Поскольку достичь абсолютно точных значений параметров условий испытаний невозможно, невозможно определить и «истинное значение определяемого параметра». За истинное значение определяемого при испытаниях параметра можно было бы принять математическое ожидание всех воображаемых результатов испытаний (по одной методике, но на разном испытательном оборудовании, в разных лабораториях и т. д.), что также практически недостижимо. Поэтому понятие правильности измерений для МВИс носит условный характер, а особенности оценивания характеристик погрешности МВИс (подраздел 9.3) вытекают из особенности модели погрешности МВИс.

В.2.4 Некоторые МВИс предусматривают одновременное (или почти одновременное) проведение испытаний нескольких объектов при близких условиях испытаний (испытания сериями). В этом случае целесообразно устанавливать составляющую погрешности, характеризующую сходимость результатов испытаний. Также может оказаться целесообразным раздельное установление составляющих погрешности ${}^{изм}f_{вс,\ сх}$ и ${}^{усл}f_{вс,\ сх}$. При этом ${}^{усл}f_{вс,\ сх}$ — составляющая погрешности, обусловленная возможным разбросом условий испытаний при их повторении, и одинакова (хотя и неизвестна) в данном испытании, т. е. является систематической по отношению ко всем результатам испытаний, полученным в данной серии, и случайной по отношению к возможному множеству серий испытаний; ${}^{изм}f_{вс,\ сх}$ — составляющая погрешности измерений, обусловленная возможным разбросом факторов, влияющих на погрешность измерений при испытаниях, не зависящих от условий испытаний (например, погрешности СИ). Раздельное установление ${}^{изм}f_{вс,\ сх}$ и ${}^{усл}f_{вс,\ сх}$ целесообразно, если МВИс предполагается использовать для сравнения параметров объектов из разных партий продукции путем их испытаний в одной серии. Тогда условия испытаний будут меньше влиять на погрешности разности результатов испытаний объектов из разных партий.

В.3 Метрологические характеристики методик измерений при измерительном контроле

В.3.1 Способы установления метрологических характеристик МВИк вытекают из особенностей МВИк (В.2.1 приложения В) и, по сути, следуют из определений показателей достоверности измерительного контроля, изложенных в [14].

В.3.2 Установление характеристик погрешности и показателей достоверности измерительного контроля осуществляют на основе следующей модели представления суммарной погрешности МВИк:

$$F = f_{сх} * f_{вс,\ сх} * f_c * f_{ср}, \qquad (В.4)$$

где $f_{сх}$, $f_{вс}$, f_c — составляющие погрешности измерения (или измерительного преобразования) при контроле, имеющие тот же смысл, что и в (В.1);

$f_{ср}$ — погрешность сравнения контролируемого параметра X с границами поля контрольного допуска G_y (на предприятии-изготовителе) или с границами поля допуска G (на предприятии-потребителе), равная сумме погрешности задания границ $G_y(G)$ и погрешности устройства сравнения контролируемого параметра X с $G_y(G)$.

В.3.3 В большинстве случаев погрешность сравнения имеет систематический характер (по отношению к измерениям, проводимым в условиях сходимости). Поэтому неисключенная систематическая составляющая погрешности измерительного контроля, характеристикой которой является Θ, равна $f_{вс_сх} * f_{с} * f_{ср}$.

В.3.4 МВИк измерительно-преобразовательного типа не выводят (не сообщают) результата измерения контролируемого параметра и представляют результат контроля в альтернативной форме. Тем не менее при разработке и аттестации таких МВИ следует выразить все составляющие погрешности в единицах контролируемой величины и определять наряду с показателями достоверности измерительного контроля и характеристики погрешности измерительного контроля.

Приложение Г
(справочное)

Достоверность оценок погрешности

Понятие достоверности оценок погрешности связано с тем, что составляющие погрешности не могут быть определены абсолютно точно. Практически всегда определяются лишь их оценки. Так, например, все оценки погрешности, определенные экспериментальным способом, или оценки неопределенности по типу А, сами являются случайными величинами и имеют отличную от нуля дисперсию. Ответ на вопрос, какая должна быть «погрешность оценки погрешности», связан с понятием пренебрежимо малой погрешности — относительная «погрешность оценки погрешности» составляет от 5 до 30 %. Эти цифры неявно присутствуют во множестве нормативных документов по метрологии («неписаное правило» метрологии). Данный («консервативный») подход принят в области использования атомной энергии с 1988 года и успешно себя зарекомендовал. Этот подход учитывает, с одной стороны, особенности области использования атомной энергии — важность получения и использования достоверных результатов измерений; с другой стороны — связан с «неписаным правилом» метрологии. Практически применение «консервативного» подхода заключается в том, что при оценивании погрешностей экспериментальным способом (или неопределенностей по типу А) в качестве приписанного значения составляющей погрешности берется верхняя граница соответствующего доверительного интервала для $P = 0,95$ (в случае СКО, характеризующего сходимость измерений, это обеспечивается умножением оценки выборочного СКО на коэффициент, учитывающий ограниченность выборки. При оценивании погрешностей с использованием уже известных сведений или неопределенностей по типу В, если недостаточно данных, принимается наихудший случай (в качестве приписанного значения берется верхняя оценка погрешности; если неизвестен закон распределения погрешности, распределение считается равномерным и т. д.).

Библиография

[1] Федеральный закон от 26 июля 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[2] Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии (утверждены Приказом Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА, зарегистрирован в Минюсте РФ 27 февраля 2014 г., регистрационный № 31442)

[3] Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»

[4] РМГ 29—2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения»

[5] МИ 2453—2015 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики радиационного контроля. Общие требования»

[6] Методические рекомендации ПНД Ф 12.13.1—03 «Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)» (утверждены ФГУ «Центр экологического контроля и анализа» 4 сентября 2003 г.)

[7] СанПиН 2.6.1.2523—09 (НРБ-99/2009) «Нормы радиационной безопасности» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 47)

[8] СП 2.6.1.2612—10 ОСПОРБ-99/2010 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 г. № 40)

[9] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н)

[10] Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением (утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. № 116)

[11] СП 2.2.1.1312—03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 22 апреля 2003 г. № 89)

[12] Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (утверждены Приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 г. № 204)

[13] РД 50-453—84 «Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета»

[14] МИ 1317—2004 «Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров»

УДК 621.039:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: методика (метод) измерений, испытания, измерительный контроль, погрешность измерений, достоверность контроля

БЗ 1—2018/60

Редактор *Б.М. Гаврилов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *И.В. Белюсенко*

Сдано в набор 10.01.2018. Подписано в печать 19.02.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,19. Уч.-изд. л. 3,79. Тираж 30 экз. Зак. 164.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11
gost.e-ecolog.ru gmail.ru

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001, Москва, Гранатный пер., 4
gost.e-ecolog.ru stinfo.ru

gost.e-ecolog.ru