МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ
СТАНДАРТИЗАЦИИ

**РМГ
91—
2019**

Государственная система обеспечения единства измерений

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЙ «ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ» И «НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ»

Общие принципы

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о рекомедациях

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

2 ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТЫ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 сентября 2019 г. № 122-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 октября 2019 г. № 1058-ст рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 91—2019 введены в действие в качестве рекомендаций по стандартизации Российской Федерации с 1 сентября 2020 г.

5 ВЗАМЕН РМГ 91—2009

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций и изменений к ним на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящих рекомендаций соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Стандартинформ, оформление, 2019

В Российской Федерации настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Исходные положения 2
4 Комментарии к основным терминам 2
5 О соотношении понятий «погрешность», «неопределенность» и «точность измерений» 7
6 Рекомендации по корректному применению понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» 8
Приложение А (справочное) Классификация понятий и терминов, связанных с ключевыми словами «погрешность» и «неопределенность» 11
Приложение Б (справочное) Пояснения к использованию понятия «неопределенность измерений» при поверке 15
Библиография 18

Введение

В настоящих рекомендациях уточнен смысл основных понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» и производных от них терминов, представлены рекомендации по логически непротиворечивому применению данных понятий в различных метрологических задачах.

Положения, изложенные в настоящих рекомендациях, предназначены для использования в законодательной и прикладной метрологии.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЙ «ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ» И «НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ»

Общие принципы

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Use of concepts «error of measurement» and «uncertainty of measurement». General principles

Дата введения — 2020—09—01

1 Область применения

Настоящие рекомендации содержат основные принципы применения понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» и производных от них понятий, рекомендуемые для использования при разработке нормативных документов по различным метрологическим задачам.

Положения, содержащиеся в настоящих рекомендациях, рекомендуется применять в документах всех видов, в научно-технической, учебной и справочной литературе по метрологии, входящих в сферу работ по стандартизации и (или) использующих результаты этих работ.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные документы:

ГОСТ 8.009 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений

ГОСТ 8.010 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения

ГОСТ 8.061 Государственная система обеспечения единства измерений. Поверочные схемы. Содержание и построение

ГОСТ 8.381 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности

ГОСТ 8.401 Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования

ГОСТ 34100.1/ISO/IEC Guide 98-1:2009 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения

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

РМГ 29—2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

РМГ 83 Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы измерений. Термины и определения

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (gost.e-ecolog.ru) по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящих рекомендаций в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Исходные положения

Существует принципиальное различие между понятиями «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» (см. руководство [1]), но не исключена возможность достаточно правильного использования понятия «погрешность». При этом подразумевается, что конкретная погрешность всегда имеет определенный знак (положительный или отрицательный). По определению в отличие от понятия «погрешность» понятие «неопределенность» характеризует рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Некорректность применения понятия «погрешность» проявляется при его смешении с другими по смыслу понятиями, такими как «характеристики погрешности результата измерения», «доверительные границы погрешности». Значение погрешности конкретного результата измерения получают алгебраическим суммированием (со своими знаками) всех ее составляющих в рассматриваемом эксперименте с конкретным экземпляром средства измерений, а при оценке характеристик погрешности оперируют множеством возможных значений погрешностей (без учета их знаков) в виртуальных или реальных экспериментах с различными экземплярами средств измерений данного типа при допустимом варьировании условий измерений. Поэтому общепринятые оценки среднего квадратического отклонения, границ неисключенной систематической погрешности, доверительных границ погрешности измерения и других показателей точности не соответствуют исходному определению погрешности. Эти оценки фактически характеризуют не погрешность, а разброс значений, приписываемых измеряемой величине на основе используемой информации, т. е. неопределенность.

Понятия «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» следует применять в соответствии с их определениями, не подменяя погрешность оценками параметров и составляющих рассеяния результатов измерений.

4 Комментарии к основным терминам

Термины, являющиеся наиболее важными для понимания основных принципов применения понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений», с соответствующими им определениями приведены ниже. В комментариях даны необходимые пояснения, а также рассмотрены вопросы, связанные с отличиями в формулировках терминов или соответствующих им определений по РМГ 29 от формулировок терминов и определений по руководству [1] и словарю [2].

Вышеназванные отличия не влияют на смысл и содержание рекомендаций по использованию понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений», приведенных в настоящих рекомендациях.

4.1

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

Примечания

1 Определение понятия результата измерения претерпело существенное изменение по сравнению с определением РМГ 29—99 и вобрало в себя выражение точности измерения. Информация, приводимая в результате измерения, определяется особенностями конкретного измерения и соответствует требованиям, предъявляемым к этому измерению. В большинстве случаев информация относится к точности измерения и выражается показателями точности, в обоснованных случаях содержит указание методики измерений и др.

2 Результат измерения может быть представлен измеренным значением величины с указанием соответствующего показателя точности. К показателям точности относятся, например, среднее квадратическое отклонение, доверительные границы погрешности, стандартная неопределенность измерений, суммарная стандартная и расширенная неопределенности. VIM3 предусматривает также представление результата измерения плотностью распределения вероятностей на множестве возможных значений измеряемой величины.

3 Если значение показателя точности измерений можно считать пренебрежимо малым для заданной цели измерения, то результат измерения может выражаться как одно измеренное значение величины. Во многих областях это является обычным способом выражения результата измерения, с указанием класса точности применяемого средства измерений.

[РМГ 29—2013, статья 5.1]

Комментарий — Определение результата измерения (см. статью 2.9 словаря [2]), соответствует определению (4.1), при этом в примечаниях к данному определению:

- допускается представление результата измерения плотностью распределения вероятностей на множестве возможных значений измеряемой величины;
- рекомендуется выражать результат измерения, как правило, «одним измеренным значением величины и неопределенностью измерений», что отличается от положений статьи 5.1, примечания 2 РМГ 29—2013 в части использования в качестве показателей точности доверительных границ погрешности.

Термин «результат измерения» и термин «измеренное значение», используемый для определений понятий точности измерений и погрешности (результата измерения), не равнозначны.

4.2

измеренное значение (величины): Значение величины, которое представляет результат измерения.

[РМГ 29—2013, статья 5.2]

4.3

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

[РМГ 29—2013, статья 5.7]

Комментарий — В статье 2.13 словаря [2] термину (4.3) соответствуют термины «точность измерений», «точность».

Точность измерений не является величиной, и ей не может быть присвоено числовое значение величины.

4.4

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

[РМГ 29—2013, статья 5.3]

Комментарий — Опорное значение величины может быть истинным значением величины, подлежащей измерению, в этом случае оно неизвестно и применяется только в теоретических исследованиях, или принятым значением величины, в этом случае оно известно. Если неопределенность измерений, связанная с принятым значением, достаточно мала и может быть принята равной нулю для конкретной цели, то используют понятие «действительное значение величины».

4.5

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

Примечания

1 Если опорное значение величины известно, как, например, при калибровке средств измерений, то известно и значение погрешности измерения. Если в качестве опорного значения выступает истинное значение величины, то значение погрешности неизвестно.

2 В РМГ 29—99 использовался термин «погрешность результата измерения»: отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. Изменение термина вызвано изменением понятия «результат измерения».

3 Погрешность измерения равна сумме случайной и систематической погрешностей.

[РМГ 29—2013, статья 5.16]

Комментарий — Определению (4.5) соответствуют термины «погрешность измерения», «погрешность» (без слова «результата») (см. статью 2.16 словаря [2]). В РМГ 29 данные термины также использованы как краткие формы термина «погрешность (результата измерения)». В связи с этим в тексте настоящих рекомендаций в дальнейшем для понятия «погрешность», имеющего идентичные определения согласно РМГ 29—2013 (статья 5.16) и словарю [2] (статья 2.16), применены термины «погрешность результата измерения», «погрешность измерения» или «погрешность», являющиеся синонимами.

В соответствии с определением (4.5) погрешность измерения Δ рассчитывают по формуле

$$\Delta = X_{изм} - X_{о}, \quad (1)$$

где $X_{изм}$ — измеренное значение величины;

$X_{о}$ — опорное значение.

Погрешность измерения не следует путать с производственной ошибкой или ошибкой, связанной с человеческим фактором (согласно статье 2.16 [2]).

Из анализа определений, примечаний и комментариев определений (4.1) и (4.5) очевидно, что понятие «погрешность», определяемое через термин «измеренное значение», и различные показатели точности, указываемые при представлении результата измерения наряду с измеренным значением, являются совершенно разными понятиями.

Понятие «погрешность измерения» относится только к конкретному результату измерения, полученному с использованием конкретного экземпляра средства измерений. Погрешность измерения — это положительное или отрицательное число, которое является результатом сложения в ходе эксперимента со своими положительными или отрицательными знаками систематической погрешности и реализованной случайной погрешности. Отсутствуют основания придавать погрешности смысл статистического параметра определенного множества реальных или предполагаемых значений, но можно оценить неопределенность измерений для такой «известной» погрешности, например при калибровке (см. 6.1.4).

Если же погрешность неизвестна (опорное значение отсутствует), то могут быть оценены ее (доверительные) границы.

4.6

среднее квадратическое отклонение; стандартное отклонение: Параметр функции распределения измеренных значений или показаний, характеризующий их рассеивание и равный положительному корню квадратному из дисперсии этого распределения.

Примечания

1 Оценкой среднего квадратического отклонения является выборочное стандартное отклонение, определяемое по формуле

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n}(x_k - \bar{x})^2}{n-1}},$$

где x_k — k-е измеренное значение или показание в ряду из n значений;

$\bar{x}$ — среднее арифметическое из n измеренных значений или показаний.

2 $s(x)/\sqrt{n}$ является оценкой стандартного отклонения распределения $\bar{x}$ и называется выборочным стандартным отклонением среднего арифметического.

3 Выборочное стандартное отклонение иногда неправильно называют средней квадратической погрешностью.

[РМГ 29—2013, статья 5.18]

4.7

доверительные границы (погрешности измерения): Верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерений.

Примечания

1 Доверительные границы при вероятности, равной 1, называют границами погрешности.

2 Доверительные границы погрешности иногда неправильно называют доверительной погрешностью.

[РМГ 29—2013, статья 5.22]

Комментарий — Определение понятия «доверительные границы погрешности измерения» (ДГПИ) противоречиво. При отсутствии опорных значений измеряемых величин ДГПИ вопреки смыслу понятия «погрешность измерения», как правило, отсчитывают от измеренного значения. Кроме того, необходимо иметь в виду, что погрешность конкретного измерения по определению — это одно положительное или отрицательное число соответствующих единиц. Поэтому в определении (4.7) под границами погрешности измерений с заданной вероятностью фактически подразумеваются границы множества возможных значений погрешностей измерений, выполняемых по данной методике измерений. Таким образом, интервал внутри ДГПИ, отложенных от измеренного значения, по смыслу близок (но не эквивалентен) к понятию «интервал охвата» (см. 4.12).

4.8

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

Примечание — Неопределенность измерений включает составляющие, обусловленные систематическими эффектами, в том числе составляющие, связанные с поправками и приписанными значениями эталонов, а также дефинициальную неопределенность. Иногда поправки на оцененные систематические эффекты не вводят, а вместо этого их рассматривают как составляющие неопределенности измерений.

[РМГ 29—2013, статья 5.34]

Комментарий — Приведено следующее определение для термина «неопределенность измерений»: неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации (см. статью 2.26 словаря [2]).

Параметром, характеризующим рассеяние значений величины, может быть, например, стандартное отклонение, называемое стандартной неопределенностью измерений (или кратное ему число) или половина ширины интервала с установленной вероятностью охвата.

В общем случае неопределенность измерений включает в себя много составляющих. Некоторые из этих составляющих могут быть оценены по типу А на основании статистического распределения значений величины из серий измерений и характеризоваться стандартными отклонениями. Другие составляющие, которые могут быть оценены по типу В, также могут характеризоваться стандартными отклонениями, оцениваемыми через функции плотности вероятностей на основании опыта или другой информации. В целом при данном объеме информации подразумевается, что неопределенность измерений связывают с определенным значением, приписываемым измеряемой величине. Изменение этого значения приводит к изменению связываемой с ним неопределенности (см. статью 2.26 словаря [2]). Для данного значения в РМГ 29 используется термин «измеренное значение», в руководстве [1] — термины «результат измерения» или «оценка значения измеряемой величины».

Неопределенность измерений является параметром, относящимся к результату измерения и характеризующим рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине (см. 2.2.3 руководства [1]). Количественно «неопределенность измерений», как правило, принято характеризовать понятиями «стандартная неопределенность», «суммарная стандартная неопределенность» или «расширенная неопределенность».

4.9

стандартная неопределенность (измерений): Неопределенность измерений, выраженная в виде стандартного отклонения.

[РМГ 29—2013, статья 5.35]

4.10

суммарная стандартная неопределенность (измерений): Стандартная неопределенность измерений, которую получают суммированием отдельных стандартных неопределенностей измерений, связанных с входными величинами в модели измерений.

Примечание — В случае корреляции входных величин в модели измерений при вычислении суммарной стандартной неопределенности измерений должны также учитываться ковариации.

[РМГ 29—2013, статья 5.36]

Комментарий — Приведено следующее определение для термина «суммарная стандартная неопределенность измерений»: стандартная неопределенность измерений, которую получают исходя из индивидуальных стандартных неопределенностей измерений, связанных с входными величинами в модели измерений (см. статью 2.31 словаря [2]).

4.11

расширенная неопределенность (измерений): Произведение суммарной стандартной неопределенности и коэффициента охвата большего, чем число один.

Примечание — Коэффициент зависит от вида распределения вероятностей выходной величины в модели измерений и выбранной вероятности охвата.

[РМГ 29—2013, статья 5.37]

Комментарий — Из расширенной неопределенности измерений может быть получен интервал охвата.

4.12

интервал охвата: Интервал, основанный на имеющейся информации, который содержит совокупность истинных значений измеряемой величины с заданной вероятностью.

Примечания

1 Если результат измерения представлен плотностью распределения вероятностей на множестве возможных значений измеряемой величины, то для любого интервала значений может быть вычислена соответствующая вероятность. Наличие плотности распределения вероятностей позволяет для заданной вероятности определить интервал значений измеряемой величины. Таких интервалов существует множество, обычно подразумевают наикратчайший интервал или интервал, симметричный относительно измеренного значения величины.

2 Интервал охвата не следует отождествлять с «доверительным интервалом» во избежание путаницы с этим статистическим понятием.

3 Интервал охвата может быть получен из расширенной неопределенности измерений.

[РМГ 29—2013, статья 5.38]

Комментарий — Центр интервала охвата может не совпадать с измеренным значением величины (см. статью 2.36 словаря [2])

4.13

шкала (значений) величины; шкала измерений: Упорядоченная совокупность значений величины, служащая исходной основой для измерений данной величины.

Пример — Международная температурная шкала, состоящая из ряда реперных точек, значения которых приняты по соглашению между странами Метрической конвенции и установлены на основании точных измерений, предназначена служить исходной основой для измерений температуры.

[РМГ 29—2013, статья 3.31]

5 О соотношении понятий «погрешность», «неопределенность» и «точность измерений»

5.1 Необходимо подчеркнуть, что термины «погрешность» и «неопределенность» представляют собой различные понятия; они не являются синонимами и их не следует путать друг с другом или неправильно использовать (см. пункты 3.2.2, 3.2.3 руководства [1]). Для правильного понимания данных понятий представляется важным установить: как именно они соотносятся с понятием «точность измерений», отражающим качество измерений в целом; каким образом они используются для характеристики точности измерений в различных метрологических ситуациях, которые, в зависимости от наличия или отсутствия возможности определения погрешности, могут быть условно разделены на две большие группы:

- погрешность известна (имеется опорное значение);
- погрешность неизвестна и не может быть определена (процедура измерений не предусматривает наличие опорного значения).

5.2 Погрешность известна

В общем случае можно говорить о наличии, наряду с измеренным значением, опорного значения и связанной с ним неопределенности измерений (например, неопределенности, обусловленной применяемым эталоном). Очевидно, что точность измерений, характеризующая близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины, будет зависеть от погрешности, т. е. разности между измеренным значением величины и опорным значением величины, и от неопределенности измерений, связанной с опорным значением.

В зависимости от соотношения между погрешностью и данной неопределенностью могут быть рассмотрены следующие ситуации.

5.2.1 Погрешность имеет существенное значение, а неопределенность измерений можно считать пренебрежимой для заданной цели измерения (результат измерения может быть выражен как одно измеренное значение величины (см. статью 2.9 словаря [2]), что во многих областях является обычным способом выражения результата измерения).

В этом случае принятое (опорное) значение величины может быть рассмотрено как оценка истинного значения величины, имеющая достаточно малую или равную нулю неопределенность измерений, а измеренное значение тем ближе к истинному значению измеряемой величины, чем меньше разность (без учета знака) между измеренным и принятым (опорным) значением величины. Таким образом, измерение является более точным, если оно имеет меньшую погрешность измерения (см. статью 2.13 словаря [2]).

5.2.2 Значение погрешности пренебрежимо мало для заданной цели измерения при наличии неопределенности измерений, например после внесения в результат измерения поправки на известные систематические эффекты (см. 3.3.1 руководства [1]).

В данной ситуации можно полагать, что измеренное значение совпадает с опорным значением, а точность измерений будет зависеть от неопределенности измерений. Чем больше расширенная неопределенность измерений одной и той же величины при заданной вероятности охвата (например, вместо одного эталона используют другой, с большей инструментальной неопределенностью), тем больше соответствующий ей интервал охвата, откладываемый от опорного (в данном случае измеренного) значения, тем большая часть из совокупности «истинных значений измеряемой величины с заданной вероятностью» (см. 4.12) будет находиться «дальше» от измеренного значения, и с большей вероятностью можно утверждать, что измерение является менее точным, и наоборот [так как определить фактическое значение разности между измеренным значением в каждом конкретном эксперименте и истинным значением невозможно (см. 4.5)].

5.2.3 Погрешность и неопределенность измерений имеют существенное значение.

В общем случае, при наличии нескольких измеренных значений и одного опорного значения, необходимо анализировать, как именно соотносятся абсолютные значения погрешностей между собой и с расширенной неопределенностью измерений, связанной с имеющимся опорным значением, имеют ли погрешности одинаковые или противоположные знаки, каким является уровень доверия, соответствующий данной расширенной неопределенности измерений.

Если предположить, что погрешности измерений имеют один знак, их абсолютные значения превышают вышеназванную расширенную неопределенность измерений, соответствующую уровню до-

верия 100 % (что означает, что сравниваемые измеренные значения находятся на шкале величины (см. 4.13) «по одну сторону» как от опорного значения, так и от любого из возможных истинных значений величины, совокупность которых определена интервалом охвата), то уместно утверждение, что измерение является более точным, если оно имеет меньшую погрешность измерения.

При иной вероятности охвата, наличии у погрешностей измерений противоположных знаков, других соотношениях погрешностей и неопределенности измерений утверждение о большей или меньшей точности измерений (с той или иной вероятностью) возможно лишь после проведения дополнительных исследований в каждом конкретном случае.

5.3 Погрешность неизвестна

При отсутствии опорного значения, когда погрешность не может быть определена, точность измерений может характеризоваться неопределенностью, связанной с измеренным значением.

Чем больше расширенная неопределенность измерений одной и той же величины при заданной вероятности охвата, тем с большей вероятностью можно утверждать, что измерение является менее точным, и наоборот [так как определить фактическое значение разности между измеренным значением в каждом конкретном эксперименте и истинным значением невозможно (см. 4.5)].

6 Рекомендации по корректному применению понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений»

6.1 Применение понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» в конкретных метрологических ситуациях

6.1.1 Выполнение измерений по методикам измерений при отсутствии опорного значения измеряемой величины

Применение понятия «погрешность измерения» в данной ситуации невозможно, так как на практике погрешность при отсутствии опорного значения неизвестна, а результат измерения в общем случае может характеризоваться измеренным значением и связанной с ним неопределенностью.

В методиках измерений, разрабатываемых по ГОСТ 8.010, в качестве показателей точности измерений могут быть использованы как неопределенность (стандартная неопределенность измерений, суммарная стандартная и расширенная неопределенности), так и характеристики погрешности [среднее квадратическое отклонение, (доверительные) границы погрешности, пределы погрешности]. В качестве примера некоторые из данных показателей точности приведены также в статье 5.1 РМГ 29—2013.

Примечания

1 Применение характеристик погрешности в качестве показателей точности сложилось исторически, до разработки концепции неопределенности, и в настоящее время они используются в ряде государств — участников Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации[1)] наряду с неопределенностью измерений.

2 В статье 2.9 словаря [2] использование характеристик погрешности не предусмотрено: «как правило, результат измерения выражается одним измеренным значением величины и неопределенностью измерений».

В соответствии с ГОСТ 8.010 показатели точности представляют собой установленные характеристики точности любого результата измерения, полученного при соблюдении требований и правил конкретной методики измерений. Они могут быть заданы в качестве норм показателей точности либо быть приписанными любому результату измерения, полученному по аттестованной методике измерений.

Для методик измерений, показатели точности которых устанавливаются в процессе или после выполнения измерений, они представляют собой некие статистические оценки параметров, характеризующих рассеивание полученных измеренных значений.

При выборе показателей точности измерений при разработке методик измерений следует принимать во внимание следующие обстоятельства:

- концепция неопределенности измерений (см. руководство [1] и другие международные стандарты) принята в настоящее время всеми международными метрологическими организациями, по-

[1)] Данное соглашение заключено правительствами стран Содружества Независимых Государств 13 марта 1992 г. в г. Москве (с дополнениями и изменениями от 22 ноября 2007 г., принятыми в г. Ашхабаде).

этому результаты измерений, выполняемых в рамках международного сотрудничества, для зарубежных партнеров следует характеризовать показателями точности в терминах неопределенности измерений;

- использование в качестве показателей точности измерений (стандартной, расширенной) неопределенности измерений более целесообразно исходя из логического смысла понятия неопределенности, по определению связанного именно с измеренным (а не с отсутствующим при выполнении измерений опорным) значением и характеризующего разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине;

- использование в качестве показателей точности результата измерения характеристик погрешности в некоторых метрологических ситуациях приводит к некорректному использованию термина «погрешность» в значении этих характеристик, что противоречит определению погрешности. Например, термином «погрешность» могут подменять понятие «доверительные границы погрешности измерения».

Таким образом, с учетом вышесказанного рекомендуется результаты измерений, выполняемых по методикам измерений, характеризовать именно неопределенностью измерений, что позволит выполнить рекомендации руководства [1], словаря [2] и других международных документов, не вступая при этом в противоречие с положениями ГОСТ 8.010 и РМГ 29.

Классификация понятий и терминов, связанных с ключевыми словами «погрешность» и «неопределенность», на предмет их соотношения с понятием «погрешность» приведена в приложении А.

6.1.2 Результаты измерений с помощью эталона, выполняемых при сличениях (ключевых, региональных, межгосударственных) национальных эталонов (см. Договоренность (Соглашение) [3]), представляют с подробными сведениями об оценке неопределенности. Указанные в паспортах на национальные эталоны (государственные эталоны) нормы границ составляющих погрешностей эталонов по ГОСТ 8.381 при этом используют для оценки неопределенности результатов измерений.

6.1.3 Калибровочные и измерительные возможности национальных метрологических институтов (см. приложение С Договоренности (Соглашения) [3]) представляют с указанием неопределенности измерений и коэффициента охвата. При этом обязательно приводят сведения о прослеживаемости передачи соответствующей шкалы измерений или единицы измерений.

6.1.4 При калибровке средств измерений (СИ) устанавливают при определенных условиях соотношение между значением величины, полученным по показаниям СИ, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, с целью определения метрологических характеристик этого СИ. При данной процедуре возможно определение погрешности СИ. Показателем точности измерений при калибровке (калибровочных возможностей) может быть только неопределенность измерений (см. приложение С Договоренности (Соглашения) [3]). По результатам калибровки СИ его метрологические характеристики, в том числе погрешность СИ, калибровочную функцию указывают с соответствующими неопределенностями.

По результатам калибровки могут быть внесены поправки к показаниям СИ или уточнены реализуемые СИ значения.

Необходимо иметь в виду различие смысла терминов «калибровка» и «поверка» (verification — подтверждение соответствия). Калибровка не является процедурой подтверждения соответствия (см. [4]).

6.1.5 Нормирование метрологических характеристик СИ осуществляют, оперируя понятием «погрешность» и руководствуясь ГОСТ 8.401 и ГОСТ 8.009. При этом характеристики погрешностей используют для установления пределов допускаемых погрешностей СИ конкретного типа.

6.1.6 Поверка СИ (verification) — установление пригодности СИ к применению на основании экспериментального определения метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным требованиям. При поверке используют эталоны.

Поверка СИ может включать:

а) определение пригодности СИ к применению с отбраковкой тех СИ, погрешность которых превышает пределы допускаемой погрешности, установленной для СИ данного типа;

б) установление действительных значений или градуировочных характеристик СИ (если нестабильностью метрологических характеристик этих СИ можно пренебречь), поступивших на поверку (в том числе путем введения поправок);

в) определение пригодности СИ к применению по нормам их стабильности (с отбраковкой тех СИ, изменение действительного значения или градуировочной характеристики которых за межповерочный интервал превысило предел допускаемой нестабильности, установленный для СИ данного типа) и установление действительных значений или градуировочных характеристик остальных СИ.

При поверке оперируют установленными для СИ нормами пределов характеристик их погрешностей. Поэтому в методиках поверки допускается указывать, в каком соотношении должны находиться расширенная неопределенность измерений при поверке и нормы допустимых пределов погрешностей СИ данного утвержденного типа, а также критерии годности СИ с учетом неопределенности измерений при поверке (см. приложение Б).

6.1.7 При построении поверочных схем по ГОСТ 8.061 результаты измерений при передаче единиц величин рекомендуется характеризовать неопределенностью. Нормы пределов погрешностей воспроизведения единиц и методы поверки также рекомендуется устанавливать с учетом расширенной неопределенности соответствующих измерений.

6.2 Общая рекомендация

Из рассмотренных метрологических ситуаций можно предложить общее правило: результаты измерений в большинстве случаев следует характеризовать неопределенностью, а нормативы точности СИ, измерительных и контрольных процедур — пределами (границами) погрешности. Таким образом, понятия «неопределенность» и «погрешность» рекомендуется гармонично использовать без взаимного противопоставления и исключения одного из них.

Общие принципы оценки соответствия с использованием понятия «неопределенность измерений» изложены в ГОСТ 34100.1 (см. также ИСО [6]).

Методология применения указанных общих принципов оценки соответствия детально изложена с примерами (см. [7]).

В международном руководстве [8] подробно рассмотрена роль неопределенности измерений при принятии решений об оценке соответствия в законодательной метрологии. При этом детально описаны отличие и важность применения в законодательной метрологии обоих терминов: «погрешность» и «неопределенность», представлены рекомендации и примеры по определению и выражению неопределенности измерений в прикладных задачах законодательной метрологии. Рекомендации предназначены для использования как при оценке типа, так и при поверке СИ.

В ГОСТ 34100.3 установлены общие правила оценивания и выражения неопределенности измерений, которые следует соблюдать при измерениях разной точности в различных областях деятельности, в приложении J которого содержатся унифицированные математические обозначения терминов, а в приложении Н — разнообразные примеры оценивания и представления неопределенности измерений.

Приложение А
(справочное)

Классификация понятий и терминов, связанных с ключевыми словами «погрешность» и «неопределенность»

А.1 Общие положения

Понятия «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» рекомендуется применять в соответствии с их определениями без взаимного противопоставления и исключения одного из них, не подменяя погрешность оценками параметров и составляющих рассеяния результатов измерений. Однако практическое применение данной рекомендации вызывает затруднение ввиду наличия в нормативных документах различных терминов со словом «погрешность». Ниже приведены термины по РМГ 29, которые разделены на смысловые группы: соответствующие определению погрешности; связанные с погрешностями, смысл некоторых из них уточнен. Также рассмотрены варианты применения понятий, связанных с неопределенностью.

А.2 Результаты измерений

А.2.1 Понятия, относящиеся к погрешности измерения:

- погрешность (результата измерения), погрешность измерения;
- случайная погрешность (измерения);
- систематическая погрешность (измерения);
- погрешность метода (измерений);
- инструментальная погрешность (измерения);
- абсолютная погрешность (измерения);
- относительная погрешность (измерения).

Комментарий — Систематическую погрешность измерения, оставшуюся после введения поправки, называют неисключенной систематической погрешностью.

Относительную погрешность измерения выражают как отношение абсолютной погрешности измерения к опорному значению измеряемой величины. Заменять в этом отношении опорное значение на измеренное значение не рекомендуется, так как это противоречит определению понятия «погрешность измерения».

В соответствии с РМГ 83 понятие «относительная погрешность измерения» применимо при измерениях величин по шкалам отношений и абсолютным шкалам, а также к интервалам величин, описываемых шкалами разностей (интервалов). Однако к самим величинам, описываемым шкалами разностей, это понятие неприменимо. Например, невозможно выражать в процентах погрешность измерения температуры по шкале Цельсия или погрешность датировки события. Понятие «относительная погрешность измерения» неприменимо при измерениях по шкалам порядка и наименований.

А.2.2 Другие понятия, связанные с погрешностями измерений:

- среднее квадратическое отклонение (СКО);
- доверительные границы (погрешности измерения);
- максимальная допускаемая погрешность (измерения);
- поправка;
- поправочный множитель.

Комментарий — Оценку СКО — выборочное стандартное отклонение — иногда неправильно называют «средняя квадратическая погрешность».

Доверительные границы (погрешности измерения) при вероятности, равной 1, называют границами погрешности. Доверительные границы погрешности иногда неправильно называют «доверительная погрешность». Границы относительной погрешности в долях или процентах находят из отношений

$$\delta = \Delta x/x \text{ или } \delta = \Delta x/x \cdot 100\ \%, \qquad (А.1)$$

где Δx — границы абсолютной погрешности измерения;

x — опорное значение величины.

Имеются в виду доверительные границы модельного множества возможных значений погрешностей измерений, предположительно выполняемых по данной измерительной процедуре. У одной конкретной погрешности не может быть границ или границы. Поэтому логичнее применять термин с множественным числом погрешностей: «доверительные границы погрешностей измерений».

Эквивалентом понятия «максимальная допускаемая погрешность» является применяемое выражение «погрешность измерения — не более ...». Также согласно ГОСТ 8.010 может быть использован термин «предел (допускаемой) погрешности». Нормируемые значения максимальных допускаемых погрешностей, как правило, существенно превышают значения оцененных доверительных границ погрешностей измерений.

Поправка может иметь различные формы, такие как дополнительное слагаемое или множитель, или она может быть определена по соответствующей таблице. Поправочный множитель используют в тех случаях, когда систематическая погрешность пропорциональна значению измеряемой величины.

А.2.3 Понятия, связанные с неопределенностью измерений:

- неопределенность (измерений);
- стандартная неопределенность (измерений);
- суммарная стандартная неопределенность (измерений);
- расширенная неопределенность (измерений);
- относительная стандартная неопределенность (измерений);
- дефинициальная неопределенность;
- целевая неопределенность (измерений).

Комментарий — Понятие «неопределенность измерений» относится (имеет смысл) только к результатам измерений. Термин «неопределенность средств измерений» отсутствует, но существует термин «инструментальная неопределенность». Неопределенность измерений, так же как СКО, является неотрицательным параметром (перед числовым значением неопределенности знак «±» неуместен), характеризует рассеяние множества возможных значений результатов измерений в рассматриваемой измерительной ситуации, но не погрешность конкретного результата измерения. Возможен случай, когда конкретный (из множества возможных) результат измерения в данном эксперименте имеет пренебрежимо малую погрешность при большой неопределенности.

Дефинициальная неопределенность: составляющая неопределенности измерений, являющаяся результатом ограниченной детализации в определении измеряемой величины. Дефинициальная неопределенность есть практический минимум неопределенности измерений при любом измерении данной величины.

Целевая неопределенность (измерений) является верхней границей неопределенности измерений, заранее установленной исходя из предполагаемого использования результатов измерений. Целевая неопределенность — это не оцененная неопределенность измерений, а установленная норма на измерительную процедуру.

А.3 Средства измерений

А.3.1 Понятия, относящиеся к погрешности СИ:

- погрешность СИ;
- систематическая погрешность СИ;
- случайная погрешность СИ;
- абсолютная погрешность СИ;
- относительная погрешность СИ;
- приведенная погрешность (СИ);
- основная погрешность (СИ);
- дополнительная погрешность (СИ);
- статическая погрешность (СИ);
- динамическая погрешность (СИ);
- погрешность в контрольной точке;
- погрешность нуля;
- погрешность меры.

Комментарий — Погрешность СИ: разность между показанием СИ и известным опорным (действительным) значением величины. Показанием меры является ее номинальное (паспортное) значение. Для СИ за опорное значение измеряемой величины принимают показание рабочего эталона, для рабочего эталона — значение, полученное с помощью эталона более высокого ранга. Погрешности СИ различаются: по характеру проявления — систематические и случайные; по способу выражения — абсолютные, относительные, приведенные; по отношению к условиям применения — основные и дополнительные; по отношению к изменениям во времени измеряемой величины — динамические и статические.

Систематическая погрешность СИ: составляющая погрешности СИ, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся. Систематическая погрешность данного СИ, как правило, будет отличаться от систематической погрешности другого экземпляра СИ этого типа, вследствие чего для группы однотипных СИ систематическая погрешность может иногда рассматриваться как случайная погрешность.

Случайная погрешность СИ: составляющая погрешности СИ, изменяющаяся случайным образом.

Абсолютная погрешность СИ: погрешность СИ, выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность СИ: погрешность СИ, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к опорному значению измеряемой величины.

Приведенная погрешность (СИ): погрешность СИ, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к нормирующему значению величины.

Примечания

1 Часто за нормирующее значение принимают максимальное значение диапазона измерений или разность между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений.

2 Приведенную погрешность, как правило, выражают в процентах.

Основная погрешность (СИ): погрешность СИ, применяемого в нормальных условиях.

Дополнительная погрешность (СИ): составляющая погрешности СИ, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений.

Статическая погрешность (СИ): погрешность СИ, применяемого для измерения постоянной величины.

Динамическая погрешность (СИ): разность между погрешностью СИ в динамическом режиме и его статистической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени.

Погрешность в контрольной точке: погрешность СИ или измерительной системы для заданного значения измеряемой величины.

Погрешность нуля: погрешность СИ в контрольной точке, когда заданное значение измеряемой величины равно нулю.

Погрешность меры: разность между номинальным значением меры и опорным значением воспроизводимой ею величины.

А.3.2 Другие понятия, связанные с погрешностями СИ:

- точность (СИ);
- класс точности;
- предел допускаемой погрешности (СИ);
- инструментальное смещение.

Комментарий — Точность (СИ): качество СИ, отражающее близость к нулю его погрешности. Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее СИ.

Класс точности: обобщенная характеристика данного типа СИ, как правило, отражающая их уровень точности и выражаемая точностными характеристиками СИ. Класс точности СИ конкретного типа устанавливают в стандартах технических требований (условий) или в других нормативных документах.

Примечания

1 Класс точности, как правило, обозначают числом или символом, принятым по соглашению.

2 Класс точности дает возможность судить о значениях инструментальных погрешностей или инструментальных неопределенностей СИ данного типа при выполнении измерений.

3 Класс точности применяют и к материальным мерам.

Класс точности соответствует пределам допускаемых основной и дополнительных погрешностей СИ, а также другим характеристикам, влияющим на точность. Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на СИ приведены в ГОСТ 8.401.

Предел допускаемой погрешности (СИ): наибольшее значение погрешности СИ (без учета знака), устанавливаемое нормативным документом для данного типа СИ, при котором оно еще признается метрологически исправным. Нормированные значения пределов допускаемых погрешностей СИ, как правило, существенно превышают значения оцененных погрешностей при испытаниях СИ для учета их долговременной нестабильности.

Примечание — Обычно устанавливают пределы допускаемой погрешности, т. е. нижнюю и верхнюю границы интервала, за которые не должна выходить погрешность.

Инструментальное смещение: разность между средним повторных показаний и опорным значением величины.

А.3.3 Неопределенности измерений, связанные с СИ (поверкой, калибровкой):

- инструментальная неопределенность;
- неопределенность калибровки СИ.

Комментарий — Инструментальная неопределенность: составляющая неопределенности измерений, обусловленная применяемым СИ или измерительной системой.

Примечания

1 Инструментальную неопределенность, как правило, устанавливают при калибровке СИ или измерительной системы, за исключением первичного эталона, когда для этого используют иные подходы.

2 Инструментальную неопределенность используют при оценивании неопределенности измерений по типу В.

3 Информация, касающаяся инструментальной неопределенности, может быть приведена в документации на СИ.

Неопределенность калибровки СИ иногда ошибочно называют погрешностью калибровки СИ. Неопределенность калибровки СИ имеет смысл неопределенности измерений при калибровке СИ, значение которой зависит от уровня точности используемого при этом эталона, и поэтому применять ее в качестве нормируемой метрологической характеристики СИ невозможно. Ее использование (учет) допустимо (допустим) при поверке (подтверждении соответствия) СИ (см. приложение Б) и при установлении границ погрешностей аттестуемых эталонов с учетом экспериментально оцененной долговременной нестабильности СИ (эталона).

А.4 Метрологическая прослеживаемость

А.4.1 Понятия, относящиеся к погрешности:

- погрешность воспроизведения (единицы величины);
- погрешность передачи единицы (величины);
- погрешность метода передачи единицы величины; погрешность метода поверки; погрешность метода калибровки.

Комментарий — Данные понятия приведены в соответствии с 9.10—9.12 РМГ 29—2013; в словаре [2] (см. статью 2.41) при рассмотрении вопросов, связанных с метрологической прослеживаемостью, они не используются.

Погрешность воспроизведения (единицы величины): разность между значением величины, воспроизводимым эталоном и опорным (действительным) значением величины, деленная на опорное (действительное) значение.

Примечание — Это теоретическое понятие соответствует относительной погрешности воспроизведения единицы величины и для нормирования точности эталонов не применяется. Принято для эталонов устанавливать показатели точности воспроизводимых ими одной или ряда величин, возможно, отличных от единицы.

Погрешность передачи единицы (величины): погрешность измерения при передаче единицы величины, включающая погрешности метода передачи единицы величины и эталона, от которого осуществляется передача, а также случайные погрешности эталона (СИ), которому осуществляется передача единицы величины.

Погрешность метода передачи единицы величины, погрешность метода поверки, погрешность метода калибровки: составляющая погрешности измерения при передаче единицы величины, обусловленная несовершенством применяемого метода поверки или калибровки.

А.4.2 Другие понятия, связанные с погрешностями:

- СКО результатов измерений при воспроизведении единицы величины (первичным) эталоном; СКО случайной погрешности первичного эталона;
- границы или доверительные границы неисключенной систематической погрешности первичного эталона;
- доверительные границы суммарной погрешности первичного эталона;
- суммарное СКО, характеризующее суммарную погрешность вторичного эталона;
- доверительные границы суммарной погрешности вторичного эталона.

А.4.3 Неопределенности измерений, связанные с метрологической прослеживаемостью:

- стандартная неопределенность измерений при воспроизведении единицы величины первичным эталоном, оцениваемая по типу А (по типу В); суммарная стандартная неопределенность измерений при воспроизведении единицы величины первичным эталоном;
- расширенная неопределенность измерений при воспроизведении единицы величины первичным эталоном;
- суммарная стандартная неопределенность, обусловленная стандартными неопределенностями измерений при передаче единицы величины, оцениваемыми по типу А и по типу В;
- расширенная неопределенность измерений при передаче размера единицы величины.

Примечание — В пунктах А.4.2 и А.4.3 приведены термины по ГОСТ 8.381.

Приложение Б
(справочное)

Пояснения к использованию понятия «неопределенность измерений» при поверке

В международном документе [5] применено понятие «неопределенность измерений при поверке СИ» без конкретизации этого положения. Возможны различные варианты его реализации из-за многообразия реальных ситуаций в зависимости от выбранного способа поверки (поверка способом отбраковки или поверка способом градуировки), соотношения пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов, требований к достоверности результатов поверки.

Порядок учета неопределенности измерений при поверке (см. [6]) может выглядеть следующим образом.

- измеряют (предположительно одновременно) некоторую величину эталоном (действительное значение величины $X_д$) и поверяемым СИ (показания СИ – $X_{изм\ СИ}$);
- погрешность Δ поверяемого СИ вычисляют как разность между показаниями СИ и действительным значением величины $\Delta_{СИ} = X_{изм\ СИ} - X_д$, значение $\Delta_{СИ}$ может быть положительным, нулевым или отрицательным;
- оценивают суммарную стандартную неопределенность u_C измерения $\Delta_{СИ}$ (см. [1]). По определению u_C неотрицательный параметр;
- для наиболее распространенного случая симметричных пределов погрешности эталона стандартную неопределенность типа В (u_B) вычисляют по формуле

$$u_B = \frac{b}{\sqrt{3}}, \qquad (Б.1)$$

где $\pm b$ — пределы погрешности эталона.

При этом предполагают, что погрешность может находиться с равной вероятностью в интервале, ограниченном пределами погрешности;

- для однократных измерений (достаточно частый случай при поверке, если известно, что случайный разброс результатов измерений пренебрежимо мал) полагают, что неопределенность типа А равна нулю ($u_A = 0$);
- оценивают расширенную неопределенность $U = k \cdot u_C$ (неотрицательный параметр), где k — коэффициент охвата.
- рассчитывают верхнюю границу интервала неопределенности измеренной погрешности как сумму измеренной погрешности $\Delta_{СИ}$ (положительной или отрицательной) и расширенной неопределенности U и нижнюю границу интервала неопределенности как разность измеренной погрешности $\Delta_{СИ}$ и расширенной неопределенности U.

Решение о положительном результате поверки может быть принято только в том случае, если интервал неопределенности результата измерения погрешности находится внутри области допустимых значений погрешности, т. е. верхняя граница этого интервала неопределенности не превышает положительного предела погрешности поверяемого СИ $\Delta_{пр\ СИ}$, а нижняя граница этого интервала не менее отрицательного предела погрешности поверяемого СИ минус $\Delta_{пр\ СИ}$. Графически этот случай представлен на рисунке Б.1, а).

Если интервал неопределенности результата измерения погрешности полностью лежит в области недопустимых значений погрешности СИ, принимают решение о несоответствии требованиям, т. е. об отрицательных результатах поверки [см. рисунок Б.1, в)].

Если интервал неопределенности результата измерения погрешности включает в себя положительный $\Delta_{пр\ СИ}$ или отрицательный предел погрешности минус $\Delta_{пр\ СИ}$, результат поверки является неокончательным и требуются повторные измерения с использованием более точного эталона. Если это невозможно (отсутствует более точный эталон), приходится принимать решение об отрицательных результатах поверки [см. рисунок Б.1, б)].

При оценке расширенной неопределенности U, как правило, применяют коэффициент охвата k = 2. Компьютерный анализ процесса поверки с использованием статистической имитационной модели поверки для такого способа подтверждения соответствия показал, что для k = 2 обеспечивается риск заказчика $R_З$ менее 0,01 % при уровне забракования СИ по результатам поверки не более 5 %, но только для отношений пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 3. Для меньших отношений пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов такой способ учета неопределенности измерений при поверке практически неприемлем из-за высокого уровня забракования СИ.

В качестве характеристики достоверности поверки принят «риск заказчика» $R_З$ — условная вероятность того, что СИ является фактически непригодным (метрологически неисправным) при условии, что оно признано в результате поверки годным на множестве поверенных СИ.

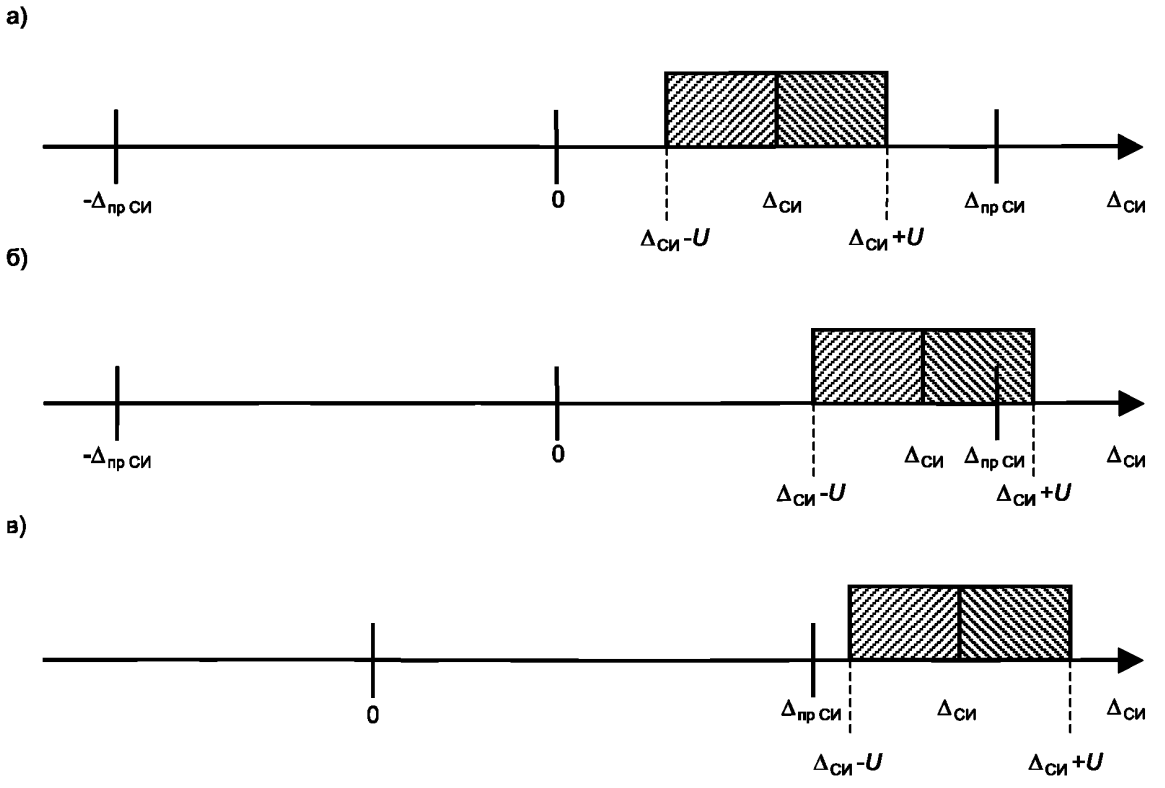

Рисунок Б.1 — Схема учета неопределенности при подтверждении соответствия поверяемого СИ допустимым пределам погрешности:

а) положительный результат поверки;

б) неокончательный результат поверки (в случае отсутствия более точного эталона должен считаться отрицательным);

в) отрицательный результат поверки

Так как для большинства практических случаев вполне допустим риск заказчика $R_З \leq 5$ % (например, такой уровень достоверности поверки на множестве поверенных СИ обеспечивается при поверке способом отбраковки для отношений пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 2,5 без учета неопределенности измерений при поверке, — т. е. в наиболее распространенном в настоящее время случае), то целесообразно применить другой метод учета неопределенности измерений при поверке. В данной ситуации может быть применено решающее правило, основанное на защитных полосах (см. раздел 8 [7], в котором предлагается осуществлять «соответствующий выбор сдвига пределов принятия относительно допускаемых пределов»). В русскоязычной литературе «предел принятия» (acceptance limit) принято переводить как «приемочный предел» или «контрольный допуск». Таким образом, с целью оптимизации процедуры поверки способом отбраковки целесообразно устанавливать контрольный допуск внутри допустимого интервала, т. е. менее, чем значение допускаемого предела погрешности поверяемого СИ (по модулю) на ширину защитной полосы. Ширину защитной полосы обозначают символом «w» (см. 8.3.2.3 [7]) и вычисляют по формуле

$$w = r \cdot U, \qquad (Б.2)$$

где r — множитель, обеспечивающий минимальную вероятность соответствия для объекта, который принят;

U — расширенная неопределенность измерений при поверке.

С учетом вышесказанного алгоритм принятия решения о соответствии СИ установленным требованиям при поверке способом отбраковки может выглядеть следующим образом:

- оценивают расширенную неопределенность измерений при поверке $U = k \cdot u_C$ (неотрицательный параметр), где k — коэффициент охвата (обычно принимается k = 2);
- оценивают ширину защитной полосы по формуле (Б.2);

- если измеренное значение погрешности $\Delta_{СИ}$ менее или равно контрольному допуску, вычисляемому как разность между допускаемым пределом (погрешности) $\Delta_{пр\ СИ}$ и шириной защитной полосы w, принимают решение о соответствии СИ установленным требованиям (все указанные величины берут по модулю);

- в противном случае принимают решение о несоответствии СИ установленным требованиям, **т. е.** оно бракуется.

На основании результатов статистического имитационного моделирования множитель r может быть выбран следующим образом:

- для r = 0,75 обеспечивается $R_З$ менее 0,1 % при уровне забракования СИ по результатам поверки не более 5 % и при отношении пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 2,5;

- для r = 0,45 обеспечивается $R_З$ менее 1 % при уровне забракования СИ по результатам поверки не более 5 % и при отношении пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 1,8;

- для r = 0,3 обеспечивается $R_З$ менее 5 % при уровне забракования СИ по результатам поверки не более 5 % и при отношении пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 1,4.

Если не учитывать неопределенность измерений при поверке, т. е. использовать решающее правило, основанное на простом принятии (см. подраздел 8.2 [7]), то $R_З$ менее 5 % при уровне забракования СИ по результатам поверки не более 5 % обеспечивается лишь для отношения пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 2,5.

Таким образом, можно сделать вывод, что для отношения пределов погрешностей поверяемых СИ и применяемых при этом эталонов более 1,4 учет неопределенности измерений при поверке позволяет в несколько раз повысить достоверность результатов поверки.

Библиография

[1] ISO/IEC Guide 98-3:2008 — Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)

(Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения)

[2] International vocabulary of metrology JCGM 200:2008 — International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)

(Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины)

[3] Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes, Paris, 14 october 1999

[Договоренность (Соглашение) о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами]

[4] Resolution 11 of the 22nd CGPM, Paris, October 2003 — Relationship between National Metrology Institutes and nationally recognized accreditation bodies

(Отношения между национальными метрологическими институтами и национально признанными органами по аккредитации)

[5] International Document OIML D8 — Measurement standards. Choice, recognition, use, conservation and documentation

(Эталоны. Выбор, признание, применение, хранение и документация)

[6] ISO 10576-1:2003 — Statistical methods — Guidelines for the evaluation of conformity with specified requirements — Part 1: General principles

(Статистические методы. Руководство по оценке соответствия установленным требованиям. Часть 1. Общие принципы)

[7] JCGM 106:2012 — Evaluation of measurement data — The role of measurement uncertainty in conformity assessment

(Оценивание данных измерений — роль неопределенности измерений при оценке соответствия)

[8] Guide OIML G19:2017 — The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology

(Роль неопределенности измерений при принятии решений об оценке соответствия в законодательной метрологии)

УДК 389.6:006.354 МКС 01.040.17

Ключевые слова: метрология, погрешность, неопределенность, точность измерений, рассеяние результатов измерений, сличение эталонов, калибровка, поверка, поверочные схемы

БЗ 12—2019/86

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 13.11.2019. Подписано в печать 27.11.2019. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru