	<h2>Рекомендация КООМЕТ</h2>	COOMET R/GM/21:2011
	<p>Использование понятий “погрешность измерения” и “неопределенность измерения”. Общие принципы Use of concepts “error of measurement” and “uncertainty of measurement”. General principles</p>	
<i>Утверждена на 21-м заседании Комитета КООМЕТ (27–28 апреля 2011 г., Ереван, Армения)</i>		

1 Введение

В настоящем документе проанализированы понятия «погрешность измерения» и «неопределенность измерения», даны рекомендации по логически непротиворечивому применению этих понятий в различных метрологических задачах. В качестве основных терминологических документов приняты [1 – 3].

Настоящие рекомендации разработаны по теме КООМЕТ 347/RU/05.

Рекомендации, изложенные в настоящем документе, предназначены для использования в законодательной и прикладной метрологии.

Терминологические статьи в настоящих рекомендациях, повторяющие терминологические статьи [2], заключены в рамки из тонких линий.

2 Область применения

Настоящие рекомендации предназначены для использования при разработке нормативных документов всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературы по метрологии, входящих в сферу работ по стандартизации и (или) использующих результаты этих работ.

3 Исходные положения

В [1] подчеркнута принципиальная разница понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения», но не исключена возможность использования понятия «погрешность». При этом подразумевается, что конкретная погрешность всегда имеет определенный знак (положительный или отрицательный). Замена «истинного значения измеряемой величины» на «опорное значение измеряемой величины» в определении погрешности в [2] не меняет ее смысла. По определению, в отличие от «погрешности», понятие «неопределенность» характеризует рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Некорректность применения понятия «погрешность» проявляется при смешении его с другими по смыслу понятиями, такими как «характеристики погрешности результата измерения», «доверительные границы погрешности». Погрешность конкретного результата измерения проявляется в рассматриваемом эксперименте с конкретным экземпляром средства измерений, а при оценке «характеристик погрешности» оперируют множеством возможных значений погрешностей в виртуальных или реальных экспериментах с различными экземплярами средств измерений данного типа при допустимом варьировании условий измерений. Поэтому общепринятые оценки среднеквадратичного отклонения, неисключенной

систематической погрешности и доверительных границ множества погрешностей результатов измерений уже не соответствуют исходному определению погрешности. Эти оценки фактически характеризуют не погрешность, а разброс значений, приписываемых измеряемой величине на основе используемой информации, т.е. аналогичны неопределенности.

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

4 Основные термины, определения и комментарии к ним

В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

4.1

погрешность измерения (measurement error): разность между измеренным значением величины и опорным значением величины

Примечание 1 – Понятие «погрешность измерения» может использоваться двояко:

а) когда имеется единственное опорное значение величины, как в случае калибровки по эталону, у которого измеренное значение величины имеет пренебрежимо малую неопределенность измерений, или когда дано принятое значение величины. В этом случае погрешность измерения известна,

б) если предполагается, что измеряемая величина представлена единственным истинным значением величины или совокупностью истинных значений в пренебрежимо малом диапазоне. В этом случае погрешность измерения неизвестна.

Примечание 2 – Погрешность измерения не следует путать с производственной ошибкой или ошибкой, связанной с человеческим фактором.

[2, статья 2.16]

Комментарий – Истинное значение величины не может быть определено. Это понятие применяют только в теоретических исследованиях. На практике используют опорное значение величины X_0 (см. 4.2), и погрешность измерения Δ определяют по формуле:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X_0,$$

где $X_{\text{изм}}$ – значение величины, полученное путем измерения (результат измерения [2, статья 2.9]);

X_0 – принятое значение, приписываемое конкретной величине часто по соглашению, как имеющее неопределенность, приемлемую для данной цели [2, статья 2.12].

Таким образом, по определению, понятие «погрешность измерения» относится только к конкретному результату измерения, полученному с использованием конкретного экземпляра средства измерений. Погрешность измерения является конкретным положительным или отрицательным числом. Нет оснований придавать этому понятию смысл статистического параметра какого-либо множества реальных или предполагаемых значений. «Погрешность» и «неопределенность» представляют собой различные понятия; их не следует путать друг с другом или неправильно использовать [1, пункт 3.2.2].

4.2

опорное значение величины (reference quantity value): Значение величины, которое используется как основа для сопоставления со значениями величин того же рода.

Примечание 1 – Опорное значение величины может быть истинным

значением величины, подлежащей измерению [2, статья 2.11], в этом случае оно неизвестно, или принятым значением величины [2, статья 2.12], в этом случае оно известно.

Примечание 2 – Опорное значение величины, со связанной с ним неопределенностью измерений, обычно предоставляется для:

- a) материала, например аттестованного стандартного образца [2, статья 5.14];
 - b) устройства, например стабилизированного лазера;
 - c) референтной методики измерений [2, статья 2.7];
 - d) сличения эталонов [2, статья 5.1].
- [2, статья 5.18]

Комментарий – Понятие «принятое значение величины» [2, статья 2.12] охватывает понятие «действительное значение величины» («условно истинное значение величины») – значение величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

4.3 относительная погрешность (relative error): Отношение Δ/X_0 погрешности измерения Δ к опорному значению измеряемой величины X_0 .

Комментарий – Заменять в этом отношении опорное значение на результат измерения не рекомендуется, так как это противоречит определению понятия «погрешность измерения».

4.4

систематическая погрешность измерения (systematic measurement error): Составляющая погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях.

Примечание 1 – Опорным значением величины для систематической погрешности измерения является истинное значение величины или измеренное значение величины эталона с пренебрежимо малой неопределенностью измерений, или принятое значение величины.

Примечание 2 – Систематическая погрешность измерения и ее причины могут быть известны или неизвестны. Для компенсации известной систематической погрешности может вводиться поправка.

Примечание 3 – Систематическая погрешность измерения равна разности погрешности измерения и случайной погрешности измерения.

[2, статья 2.17]

Комментарий – Необходимо иметь в виду, что при определении разности указанных погрешностей каждую из них берут со своим положительным или отрицательным знаком.

4.5

случайная погрешность измерения (random measurement error): Составляющая погрешности измерения, которая при повторных измерениях изменяется непредсказуемым образом.

Примечание 1 – Опорным значением величины для случайной погрешности измерения является среднее арифметическое, которое может быть получено в результате бесконечно большого числа повторных измерений одной и той же измеряемой величины.

Примечание 2 – Случайные погрешности ряда повторных измерений образуют распределение, которое может быть описано своим математическим

ожиданием (в общем случае предполагается, что оно равно нулю) и дисперсией.

Примечание 3 – Случайная погрешность измерения равна разности погрешности измерения и систематической погрешности измерения.

[2, статья 2.19]

Комментарий – Необходимо иметь в виду, что при определении разности указанных погрешностей каждую из них берут со своим положительным или отрицательным знаком.

4.6

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

Примечание 1 – Неопределенность измерения включает составляющие, обусловленные систематическими эффектами, в том числе составляющие, связанные с поправками и приписанными значениями эталонов, а также дефиниционную неопределенность. Иногда поправки на оцененные систематические эффекты не вводят, а вместо этого последние рассматривают как составляющие неопределенности измерений.

Примечание 2 – Параметром может быть, например, стандартное отклонение, называемое стандартной неопределенностью измерений (или кратное ему число) или половина ширины интервала с установленной вероятностью охвата.

Примечание 3 – В общем случае неопределенность измерений включает в себя много составляющих. Некоторые из этих составляющих могут быть оценены по типу А неопределенности измерений на основании статистического распределения значений величины из серий измерений и могут 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.

Примечание 4 – 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.

[2, статья 2.26]

Комментарий – Значение, упомянутое в Примечании 4, является лучшей оценкой значения измеряемой величины, а все составляющие неопределенности, включая составляющие, обусловленные систематическими эффектами, например связанными с поправками и эталонами, приводят к рассеянию [1, пункт 2.2.3, примечания 1-3].

Количественно «неопределенность измерения» (как правило) принято характеризовать «стандартной неопределенностью» – неопределенностью результата измерения, выраженной как стандартное отклонение или «расширенной неопределенностью» [1, пункты 2.3.1 и 2.3.5]. Таким образом, «неопределенность измерения», как параметр, характеризует рассеяние множества возможных значений измеряемой величины в рассматриваемой измерительной ситуации, но не погрешность конкретного результата измерения. Например, возможен случай, когда результат измерения имеет пренебрежимо малую погрешность при большой неопределенности [1, пункт 3.3.1, примечание].

5. Рекомендации по корректному применению понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения»

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

5.1.1 Результат измерения – значение величины, полученное путем ее измерения, и неопределенность измерений. Конкретные результаты измерений в любых метрологических ситуациях однозначно могут и должны быть охарактеризованы неопределенностью. Применение понятия погрешности результата измерения, которая принципиально неизвестна и конкретно неопределима, возможно только в теоретических рассуждениях о результатах измерений. Понятие погрешности используют при калибровке и поверке средств измерений (см. 4.1, примечание 1, перечисление а).

5.1.2 Результаты измерений, выполняемых при сличениях (ключевых, региональных, межгосударственных) национальных эталонов, в соответствии с Договоренностью [4] представляют с подробными сведениями об оценке неопределенности. Указанные в паспортах на национальные эталоны характеристики погрешностей эталонов при этом могут использоваться для оценки неопределенности результатов измерений.

5.1.3 Калибровочные и измерительные возможности национальных метрологических институтов по Приложению С Договоренности [4] представляют с указанием расширенной неопределенности результатов измерений и коэффициента охвата. При этом обязательно приводят сведения о метрологической прослеживаемости при передаче соответствующей шкалы измерений или размера единицы измерений.

5.1.4 В методиках измерений описывают совокупность операций и вычислений, выполнение которых обеспечивает получение результата измерения с установленными показателями точности.

Результаты измерения по методикам измерений рекомендуется сопровождать оценками неопределенности измерений. Методика измерений может включать информацию о целевой неопределенности измерений [2, п.2.34]. Стандартизованная (аттестованная) методика измерений может содержать другие установленные показатели точности измерений, например по [5], соответствующие конкретному назначению и области ее применения.

5.1.5 При калибровке средств измерений устанавливают при определенных условиях соотношение между значениями величины по показаниям средства измерений и соответствующими значениями, реализуемыми с помощью эталона. По результатам калибровки могут быть внесены поправки к показаниям средств измерений или уточнены реализуемые средствами измерений значения. Показателем точности определения метрологических характеристик средств измерений при калибровке является неопределенность, как это указано в Приложении С к Договоренности [4]. Это относится и к результатам градуировки средств измерений в процессе калибровки.

5.1.6 Нормирование метрологических характеристик средств измерений осуществляют, оперируя понятием «погрешность» или «класс точности». При этом используют пределы допускаемых погрешностей средств измерений данного типа.

5.1.7 Поверка средств измерений – установление пригодности средств измерений (СИ) к применению на основании экспериментального определения метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным требованиям. При поверке используют эталоны.

Поверка СИ может заключаться:

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

б) в установлении действительных значений или градуировочных характеристик СИ, поступивших на поверку (в том числе путем введения поправок);

в) в определении пригодности СИ к применению по требованиям к 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 в установлении действительных значений или градуировочных характеристик остальных СИ.

При поверке оперируют установленными для средств измерений пределами погрешностей. Поэтому в методиках поверки допускается указывать, в каком соотношении должны находиться расширенная неопределенность измерений при поверке и пределы погрешностей средств измерений данного типа, а также критерии годности средств измерений с учетом неопределенности измерений при поверке (см. приложение А). При этом могут использоваться общие принципы учета неопределенности измерений в процедурах оценки соответствия установленным требованиям [6].

5.1.8 При построении поверочных схем точность метода передачи размера единиц может характеризоваться неопределенностью измерений.

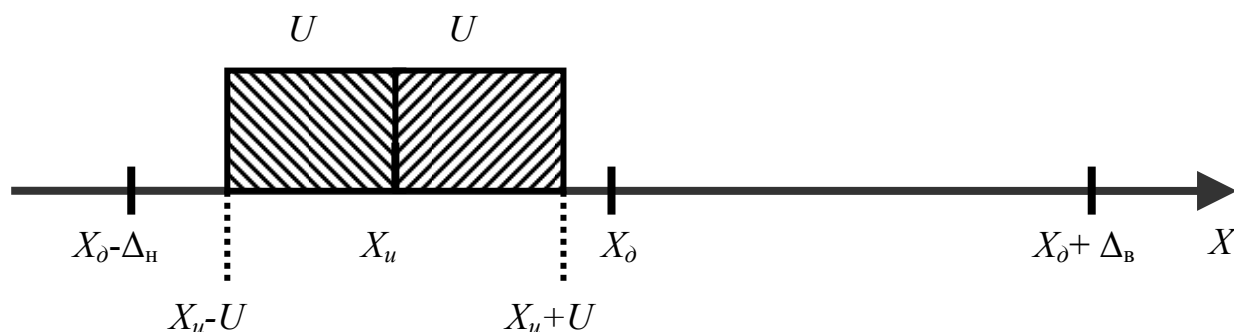
5.2 Общая рекомендация

Из рассмотренных метрологических задач можно предложить общее правило: точность результатов измерений в большинстве метрологических задач характеризуется неопределенностью, а точность средств измерений характеризуется пределами погрешностей. Понятие «погрешность» используется при сравнении с опорным значением величины, а оценки погрешностей получают при калибровке и поверке средств измерений. Таким образом, понятия «неопределенность» и «погрешность» рекомендуется гармонично использовать без взаимного противопоставления и исключения одного из них.

Приложение А (справочное)

Пояснения к использованию понятия «неопределенность измерения» при поверке

В международном документе МОЗМ Д 8 [7] применено понятие «неопределенность измерения при поверке средств измерений» без конкретизации этого положения. Возможны различные варианты его реализации из-за многообразия реальных ситуаций по соотношению пределов погрешностей поверяемых средств измерений и применяемых при этом эталонов, соотношению значений неопределенностей, оцененных по типу А и по типу В. Например, если расширенная неопределенность измерений при поверке (с коэффициентом охвата 2) не превышает $1/3$ пределов допускаемой погрешности, то неопределенностью пренебрегают. Другие возможные варианты критериев годности средства измерений по результатам поверки: оцененная погрешность СИ не превышает разность пределов погрешности и расширенной неопределенности измерения при поверке (см., например [8]); оцененная погрешность СИ не превышает квадратного корня из разности квадратов пределов погрешности и расширенной неопределенности измерения при поверке. Такие критерии годности можно применить, в частности, при поверке СИ, представляющих собой меры, для которых погрешностью является «разность между номинальными значениями мер и действительными значениями воспроизводимых ими величин». Смысл учета неопределенности при поверке поясняется схемой на рисунке А.1. Приведенные в настоящем приложении варианты только поясняют принципы использования понятий «погрешность» и «неопределенность», но не являются преимущественно рекомендуемыми и не охватывают всего многообразия возможных ситуаций.



X_0 – опорное (действительное) значение (эталона);

X_u – показания поверяемого прибора;

Δ_n , Δ_v – нижний и верхний пределы допускаемой погрешности по нормативному документу на поверяемое средство измерений (обычно $\Delta_n = \Delta_v = \Delta$);

U – расширенная неопределенность

Рисунок А.1 – Схема учета неопределенности при подтверждении соответствия поверяемого средства измерений пределам допускаемой погрешности

Библиография

- [1] ISO/IEC Guide 98-3:2008 (ИСО/МЭК Руководство 98-3:2009) Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (Неопределенность измерения – Часть 3: Руководство по выражению неопределенности измерений)
- [2] JCGM 200:2008 (E/F) (Словарь Объединенного комитета по руководствам в области метрологии) International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). (Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины. Перевод JCGM 200:2008. Из-во: Санкт-Петербург, НПО «Профессионал», 2009 г.)
- [3] РМГ 91-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения». Общие принципы. (State system for ensuring the uniformity of measurements. Joint use of concepts «error of measurement» and «uncertainty of measurement». General principles.)
- [4] Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes, Paris, 14 October 1999. (Договоренность о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами.)
[Документ подготовлен МКМВ при полномочиях, данных ему Метрической конвенцией.]
- [5] ISO 5725-1:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definitions
- [6] ISO 10576-1:2003 Statistical methods. Guidelines for the evaluation of conformity with specified requirements. Part 1. General principles.
- [7] International Document OIML D 8, Edition 2004 (МОЗМ Д 8 (издание 2004 года) Measurement standards. Choice, recognition, use, conservation and documentation. (Эталон. Выбор, признание, применение, хранение и документация.)
- [8] OIML R 111-1-2004 Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 и M3. Part 1: Metrological and technical requirements. (Весы классов E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 и M3. Часть 1. Метрологические и технические требования)

Информационные данные

1. Организация-координатор: Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

Разработчики: Дойников А.С. (руководитель), Крупин Б.Н., Бессонов С.Г. (редактор английского текста)

2. Тема КООМЕТ 347/RU/05.

3. Документ утвержден на _____ заседании Комитета КООМЕТ;

4. Сведения о применении документа организациями – членами КООМЕТ.

Рекомендация разработана на основе РМГ 91–2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения». Общие принципы», Международного словаря по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM 3), международных документов, материалов публикаций:

Дойников А. С. Методические рекомендации по применению понятий «погрешность» и «неопределенность» в различных метрологических задачах.– “Законодательная и прикладная метрология”, 2006, №1, с. 43-46;

Дойников А.С. Непротиворечивое применение понятий погрешность и неопределенность измерений – Метрология и метрологическое обеспечение. Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. / Под общ. ред. Корешкова В.Н. и др. – Минск: БелГИМ, 2007, с. 80-84.

Рекомендуемая понятийно-терминологическая система и общие принципы предназначены для использования в законодательной и прикладной метрологии.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	1
2. Область применения	1
3. Исходные положения	1
4. Основные термины, определения и комментарии к ним	2
5. Рекомендации по корректному применению понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения»	5
Приложение А (справочное). Пояснения к использованию понятия «неопределенность измерения» при поверке.	7
Библиография	8
Информационные данные	9