

**Читайте и узнаете:**

- когда «погрешность измерения» сменилась «неопределенностью измерений»;
- что только одновременный учет погрешности и неопределенности измерений позволяет полно охарактеризовать измерительный процесс;
- какие разделы ГОСТов пересматривались после введения термина «неопределенность измерений»

**Ключевые слова:**

метрология, стандартизация, неопределенность измерений, погрешность измерений, оценка неопределенности

## Понятие неопределенности измерений в стандартах

**В.П. Коваленко**

*ведущий инженер отдела стандартизации продукции нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий».*

Обзор посвящен применению в отечественной метрологической практике и стандартизации термина «неопределенность измерений», его особенностям и отличиям от термина «погрешность измерений», а также общей процедуре оценки неопределенности, которая может применяться при разработке стандартов и нормативных документов

Усиление межгосударственной экономической и научной интеграции влечет за собой внедрение в международную практику новой и пересмотр существующей терминологии. Так при обработке результатов измерений, получаемых в процессе международных сличений эталонов, испытаниях и калибровке средств измерений для зарубежных стран, использовании зарубежных измерительных приборов и методов измерений возник термин «неопределенность измерений», характеризующий качество измерительного процесса. Введение этого термина в отечественную метрологическую практику связано с выходом в 1993 г. документа ИСО/МЭК «Руководство по выражению неопределенности измерений (*GUM*)», в котором и было дано его определе-

ние. Неопределенность измерений трактуется как неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины на основании используемой информации [1].

Равнозначны ли понятия «неопределенность измерений» и «погрешность измерений»? Для лучшего понимания термина «неопределенность измерений» попытаемся проследить его появление в измерительном процессе. Измерение (величины) — это процесс экспериментального получения одного или более значений, которые могут быть обобщенно приписаны величине [2, 3]. Следовательно, целью измерений является получение информации о физической величине. Измеренная величина представляет собой свойство, различные проявления которого характеризуются количественно. В ка-

честве измеряемой величины могут выступать как масса предмета или объем сосуда, так и разность потенциалов между контактами источника напряжения, и так далее.

В реальных условиях не бывает абсолютно точных измерений. Результат измерительного процесса всегда зависит от используемой методики, измерительной системы, навыков и опыта лица, производящего измерение, внешних факторов, условий окружающей среды и др. При проведении ряда последовательных измерений по одной и той же методике в одинаковых условиях всегда существует вероятность получения различных результатов. Величины, полученные при каждом повторном измерении, могут рассматриваться как результаты отдельных измерений, а их разброс зависит от качества выполнения операции.

Среднее значение результатов измерений представляет собой оценку **истинного значения** измеряемой величины. Разброс значений и их количество показывают, насколько точно среднее значение воспроизводит истинное, однако в большинстве случаев такой информации недостаточно. В реальных условиях измерений система может дать результаты, разброс которых будет характеризовать значение, отстающее от истинного на некоторую постоянную величину, которую принято называть **систематической погрешностью**. Согласно РМГ 29–2013 ГСИ [2] под систематической погрешностью измерения понимают составляющую погрешности измерения, остающуюся постоянной или же закономерно изменяющуюся при повторных измерениях одной и той же величины. Помимо систематической составляющей погрешности измерения принято выделять также случай-

ных. Случайность данного типа составляющей погрешности заключается в невозможности предсказать результаты следующего измерения по результатам предыдущего. В общем случае (без разделения на составляющие) в соответствии с [2] под погрешностью результата измерения следует понимать разность между измеренным значением величины и **опорным значением величины**. Опорным называют такое значение, которое используют в качестве основы для сопоставления со значением величины того же рода. **Погрешность — это всегда идеализированное понятие и погрешности не могут быть известны точно**. Исходя из определения, погрешность измерения относится только к конкретному результату, полученному с использованием определенного экземпляра средства измерения. Погрешность представляет собой конкретное положительное или

отрицательное значение, полученное сложением двух составляющих — систематической и случайной. Нет оснований придавать понятию погрешность смысл статистического параметра какого-либо множества реальных или предполагаемых значений [4].

Как было отмечалось выше, целью любого измерения является получение информации об измеряемой величине. Поэтому важно полученную информацию выразить наилучшим образом. В нашей стране традиционно использовался подход, заключающийся в выражении систематической и случайной погрешности вместе с лучшей оценкой результата измерений. Существует альтернативный зарубежный подход — выражение результата измерения как лучшей оценки измеряемой величины, сопровождаемой неопределенностью измерения. Согласно *ISO/IEC Guide 99:2007* [3] **неопределенность измерений включает в себя составляющие, обусловленные систематическими эффектами**. В общем случае таких составляющих достаточно много. Часть из них можно оценить на основании статистического распределения значений величины из серии измерений, другие могут характеризоваться стандартными отклонениями, оцениваемыми из функции плотности вероятностей на основании опыта или другой информации. В результате неопределенность связывают с установленным значением величины (приписываемым измеряемой величине). Изменение данной величины приводит к изменению связанной с ней неопределенности. Одним из преимуществ использования неопределенности измерений является возможность оценки качества измерений с учетом как систематических, так и случайных составляющих на основе идентичного подхода и специальной методики. Этот подход позволяет уточнить данные, полученные при анализе погрешностей.

## Результаты измерений в большинстве метрологических ситуаций характеризуются неопределенностью, а нормативы точности средств измерений, измерительных и контрольных процедур характеризуются погрешностью

ную составляющую. Систематическая составляющая погрешности измерения связана с тем, что результат измерения содержит какое-то постоянное отклонение. **Случайная погрешность** — это составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных усло-

виях. Случайность данного типа составляющей погрешности заключается в невозможности предсказать результаты следующего измерения по результатам предыдущего. В общем случае (без разделения на составляющие) в соответствии с [2] под погрешностью результата измерения следует понимать разность между измеренным значением величины и опорным значением величины. Опорным называют такое значение, которое используют в качестве основы для сопоставления со значением величины того же рода. Погрешность — это всегда идеализированное понятие и погрешности не могут быть известны точно. Исходя из определения, погрешность измерения относится только к конкретному результату, полученному с использованием определенного экземпляра средства измерения. Погрешность представляет собой конкретное положительное или

Одним из преимуществ использования неопределенности измерений является возможность оценки качества измерений с учетом как систематических, так и случайных составляющих на основе идентичного подхода, что позволяет уточнить данные, полученные при анализе погрешностей

Исходя из приведенной выше информации можно сделать вывод о том, что неопределенность измерений отражает недостаточность знаний об измеряемой величине и позволяет рассматривать и рассчитывать измерения в терминах вероятностей, в отличие от погрешности измерений. Результаты измерений в большинстве метрологических ситуаций характеризуются неопреде-

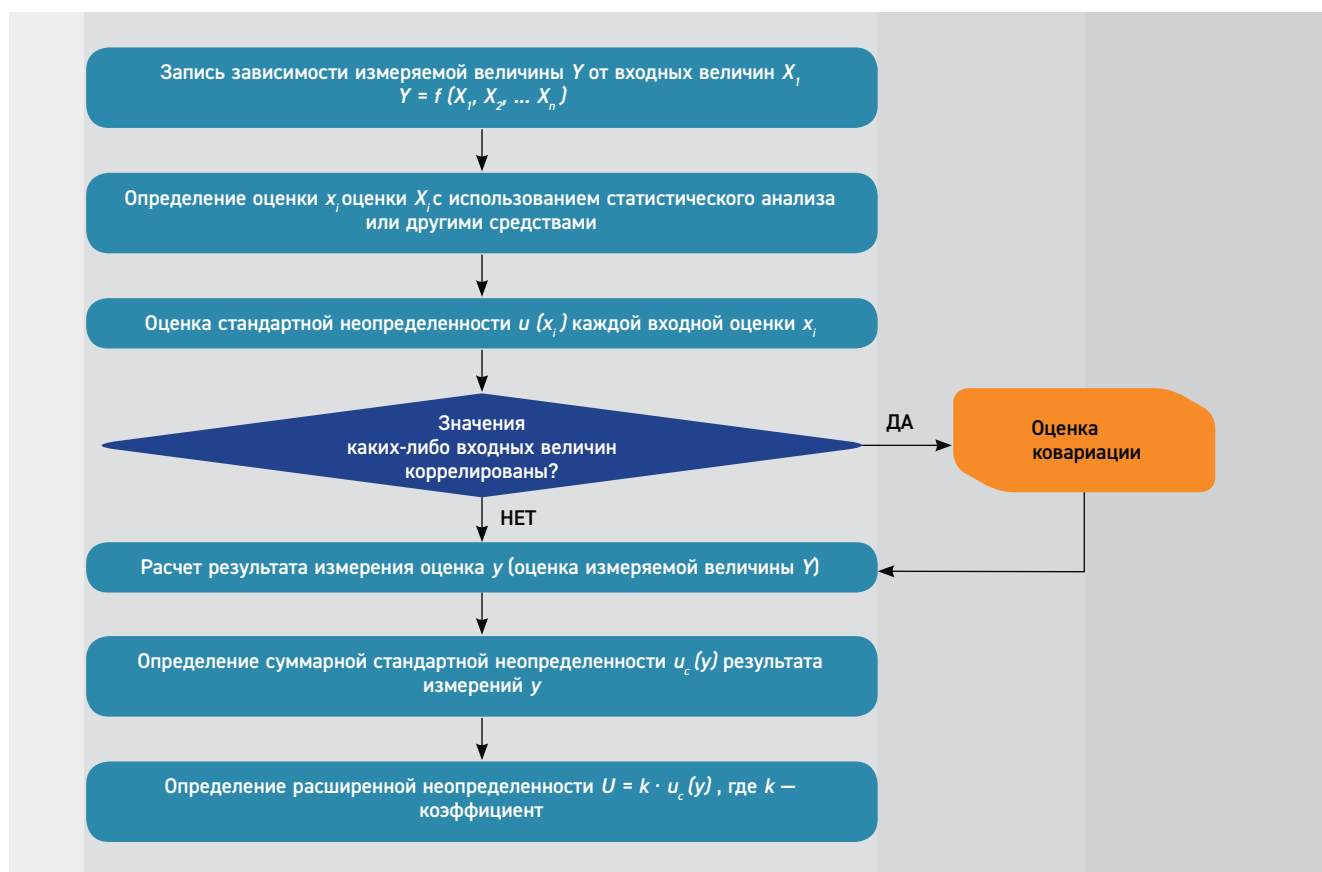
ленностью, а нормативы точности средств измерений, измерительных и контрольных процедур характеризуются погрешностью [4]. Для получения полной характеристики измерительного процесса понятия «погрешность измерений» и «неопределенность измерений» используют одновременно.

Одним из важных звеньев процесса экономической и научной

интеграции международного сообщества становится гармонизация стандартов и нормативных документов с целью устранения барьеров, в том числе и в метрологии. После введения в действие на территории РФ в соответствии с законом о стандартизации международных стандартов и разработкой национальных стандартов на их основе возникла задача пересмотра, замены и дополнения

**Рисунок**

Этапы оценки и выражения неопределенности результата измерения



**Погрешность — это всегда идеализированное понятие и погрешности не могут быть известны точно. Исходя из определения, погрешность измерения относится только к конкретному результату, полученному с использованием определенного экземпляра средства измерения.**

разделов «точностные характеристики» в связи с использованием понятия «неопределенность измерений». Общие положения, позволяющие понять этот термин, рассмотрены выше, однако важно отметить, что величина, непосредственно используемая для выражения неопределенности измерения должна быть внутренне согласующейся, то есть непосредственно выводиться из компонентов, составляющих ее, а также независимой от того, как эти компоненты группируются. Помимо этого должна существовать возможность непосредственного использования значения неопределенности, полученного для результата измерений, как составляющего при оценке неопределенности другого измерения, в котором используется первый результат [5]. Оценка неопределенности при разработке стандартов аналогична общей процедуре оценки и выражения неопределенности с учетом специфики разрабатываемого документа и области его применения. Основные ее этапы представлены на *рисунке*.

Неопределенности при разработке стандартов оцениваются на основе экспериментальных данных. К их описанию применяется статистический подход независимо от способа оценивания, при этом считается, что все поправки на систематические

эффекты введены и учтены. В качестве неопределенности измерения и при разработке стандартов оценивается расширенная неопределенность, а для промежуточных величин (на основе которых получают результаты измерения или испытания) — стандартные неопределенности.

#### Использованная литература:

1. ГОСТ Р 54500.1–2011 «Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения» введен в действие Приказом Росстандарта № 555-ст от 16.11.2011 г.
2. РМГ 29–2013 ГСИ. «Метрология. Основные термины и определения»

Приказом Росстандарта № 2166-ст от 05.12.2013 г. введены в действие в качестве рекомендаций по метрологии РФ с 01.01.2015 г.

3. ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM) (Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины).

4. РМГ 91–2009 ГСИ. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения». Общие принципы» Приказом Росстандарта № 210-ст от 23.06.2009 г. введены в действие в качестве рекомендаций по метрологии РФ с 01.02.2010 г.

5. Походун А.И. Экспериментальные методы исследований. Погрешности и неопределенности измерений: Учебное пособие / СПбГУ ИТМО, 2006. — 112 с.



## Резюме

**Представленный обзор разграничивает термины «погрешность» и «неопределенность» измерений. Для получения полной характеристики измерительного процесса рекомендуется их совместное использование без взаимного исключения и противопоставления. Кроме того показано, как введение термина «неопределенность» повлияло на разработку стандартов и какие в связи с этим потребовались изменения.**

#### ABSTRACT

The review is devoted to application in domestic metrological practice and standardization of the term “measurement uncertainty”, its features and differences from the term “measurement error”, as well as general procedure for assessing uncertainty, which can be used in the development of standards and regulations.

#### KEYWORDS:

metrology, standardization, measurement uncertainty, measurement error, assessment uncertainties.