

# Нормативні аспекти

УДК 519.814

А.Г. Чуновкина, Н.А. Бурмистрова

*Всероссийский НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербург, Россия*

## О ХАРАКТЕРИСТИКАХ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

*В статье обсуждаются понятия, связанные с качеством результатов измерений и самих измерений, при этом акцент делается на изменениях соответствующих терминов и на взаимосвязях этих понятий.*

**Ключевые слова:** измерение, результат измерения, качество, единство измерений.

### Введение

Система основных понятий и терминов метрологии консервативна и любые ее изменения воспринимаются с большой настороженностью. Поэтому выход третьего издания Международного словаря по метрологии (VIM-3, 2008 г.) [1], отражающего развитие понятийного аппарата современной метрологии, вызвал широкую дискуссию. Усилиями ВНИИМ им. Д.И. Менделеева и Белорусским государственным институтом метрологии был выполнен перевод VIM-3 на русский язык [2]. Издание VIM-3 на русском языке имеет целью познакомить с ним широкую русскоязычную аудиторию, и направлено на дальнейшую гармонизацию национальных и международных представлений в области основных понятий метрологии. Следующим шагом в направлении гармонизации является пересмотр РМГ 29-99 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» [3], решение о котором было принято на 32 заседании НТК Метр. Разработка проекта нового РМГ 29-хх ведется в рамках РГ ТМ НТК Метр. Подход к пересмотру основан на трех основных принципах:

- обеспечить преемственность терминологии, сложившейся в странах СНГ и отраженной в предыдущем документе РМГ 29-99;
- избежать избыточности терминологии, которая могла бы возникнуть, например, при описании качества (точности) измерений в терминах погрешности и неопределенности измерений;
- в полной мере отразить все термины VIM-3 в новом РМГ 29-хх, при необходимости сопровождая их комментариями и разъяснениями с учетом сложившейся терминологии внутри стран СНГ.

Применение единых, признанных на международном уровне терминов в области метрологии обеспечит адекватный подход к пониманию и оценке качества результатов измерений, к обеспечению их метрологической прослеживаемости и взаимному признанию результатов измерений, калибровок и испытаний, что, в конечном итоге, будет способствовать интеграции стран СНГ в международное метрологическое сообщество.

Основные изменения VIM-3 по сравнению с VIM-2 касаются расширения понятия «измерение» с целью охвата измерений в области химии, медицины, а также включения новых понятий, связанных с неопределенностью измерений и метрологической прослеживаемостью результатов измерений, появление которых в определенной степени также является следствием расширения понятия измерения.

В настоящей статье обсуждаются понятия, связанные с качеством результатов измерений и самих измерений, при этом акцент делается на изменениях соответствующих терминов и на взаимосвязях этих понятий. В последнем случае использование схем оказывается очень удобным и наглядным.

### О выражении качества измерений

В [1, 2] *измерение* определено как «процесс экспериментального получения одного или более значимых величины, которые могут быть обосновано приписаны величине». Надо отметить, что определение «измерение», как и определения многих других понятий, изменилось в соответствии с поставленной целью, а именно – расширить границы метрологии на измерения в новых областях. Следует подчеркнуть два важных аспекта, которые отражены в определении: экспериментальный характер и обоснованность приписанных значений. В примечаниях сразу же раскрывается, что измерение подразумевает сравнение величин. Способом сравнения является использование средств измерений, хранящих единицу измерения. Также, в примечаниях отмечается, что измерение подразумевает применение регламентированной методики и откалиброванной измерительной системы. Таким образом, в VIM-3 [1, 2] происходит обобщение понятия «измерение». Примечания к нему «показывают», как предыдущее определение, более частное, «вкладывается» в сегодняшнее определение.

Естественно, что изменение определения «измерения» повлекло за собой изменения, связанных с ним понятий. Это коснулось определения «*результат измерения*». Результат измерения определен как «набор значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и

существенной информацией». В большинстве случаев «существенная информация» - это информация о точности измерения. Соответственно, результат измерения представим измеренным значением и соответствующей неопределенностью. Однако результат измерения может быть представлен множеством значений величины и плотностью распределения вероятностей на этом множестве, которая отражает представления о том, что определенные элементы этого множества в большой степени соответствуют измеряемой величине. Последнее является, конечно, следствием тех подходов к выражению неопределенности измерений, которые сегодня приняты международными документами в этой области [4 – 6].

Учитывая, что информация о точности вошла в результат измерения, изменения претерпели формулировки тех терминов, которые выражали качество результатов измерений, а именно *точность, правильность, прецизионность*. Эти свойства соотносят не с результатами измерений, с измерениями в целом. На данный момент, три термина описывают качество результатов измерений: «*метрологическая прослеживаемость*», «*метрологическая сопоставимость*» и «*метрологическая совместимость*», о которых будет сказано ниже.

Сохранены термины «погрешность измерения» и «истинное значение величины», несмотря на то, что существует мнение, что погрешность будет «вытесняться» неопределенностью измерений. В определенной степени развитие представлений о соотношении этих понятий отражено в [6]. На наш взгляд, понятие «*погрешность измерения*» относится к наиболее важным понятиям метрологии. Первый вопрос, который возникает при получении значения измеряемой величины, вопрос о близости этого значения к истинному значению величины. Именно это свойство и отражено в понятии «погрешность измерения». Требования к качеству измерений естественным образом формулируются именно как требования к погрешности измерений, для которых устанавливаются пределы допускаемых значений (границы).

Критика погрешности традиционно связывалась с тем, что погрешность невозможно вычис-

лить, поскольку истинное значение неизвестно. Это привело к тому, что наряду с истинным значением в скобках в определении погрешности указывалось действительное значение. Если действительное значение имеется, то возможно получить точечную оценку погрешности. Однако эта подмена истинного значения действительным в свою очередь тоже вызывала критику из-за определенной нечеткости самого определения.

В VIM-3 [1, 2] введено понятие «*опорное значение величины*», которое используется как основа для сравнения значений одной и той же величины и, по сути, обобщает понятия истинного и действительного значений. Погрешность измерения определена в VIM-3 [1, 2] как «разность между измеренным значением величины и опорным значением величины». В примечание указывается, что погрешность измерения может использоваться в двух смыслах, в зависимости от измерительной задачи. Если известно опорное значение, т.е. имеется некоторое принятое значение, как, например, при калибровке средств измерений, то погрешность может быть оценена. В противном случае опорное значение совпадает с истинным значением (которое неизвестно) и, соответственно, погрешность не имеет точечной оценки. В VIM-3 [1, 2] для описания близости измеренного значения к истинному значению величины используется понятие «*точность измерения*».

Понятия, связанные с погрешностью измерения, включая те из них, которые относятся к количественному выражению погрешности, схематично представлены на рис. 1.

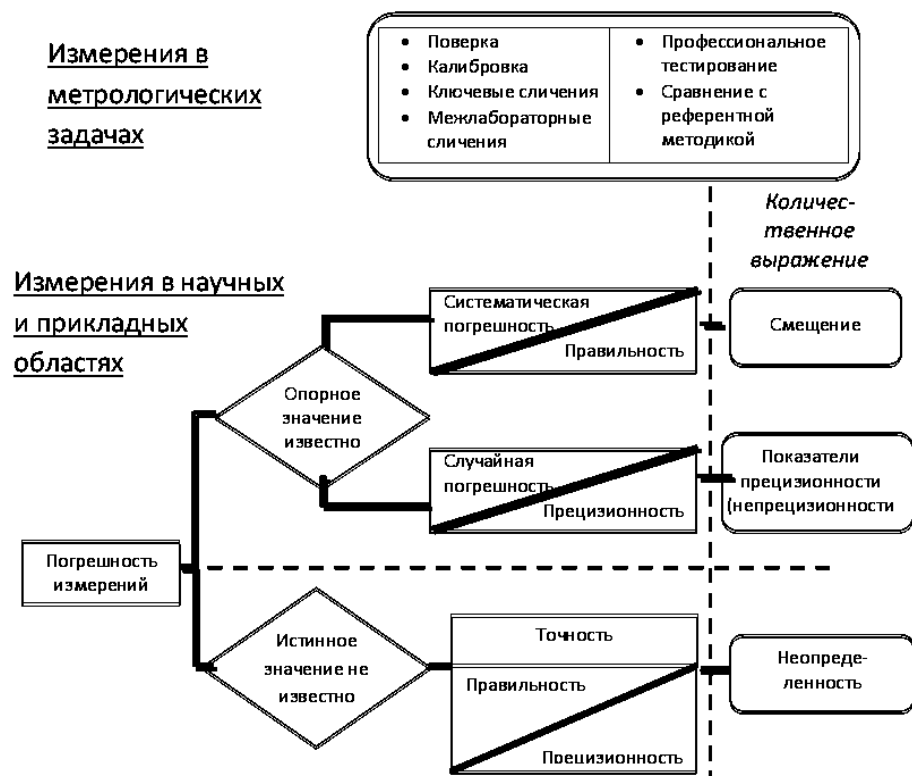


Рис. 1. Понятия, связанные с погрешностью измерения

### О метрологической прослеживаемости результатов измерений

Лабораторная медицина и другие прикладные области использования результатов измерений стремятся заимствовать подходы и методы метрологии, прежде всего потому, что в метрологии создана система обеспечения единства измерений. Эта система объединяет научно-методическую, организационную и техническую подсистемы, которые позволяют обеспечивать установленные показатели точности измерений.

В условиях глобализации современной экономики взаимное признание результатов измерений, сертификатов калибровок средств измерений является необходимым условием развития сотрудничества. Упрощенно это означает, что потребитель может доверять результатам измерений, независимо от того, где и какая лаборатория выполняла эти измерения. Естественно при условии, что измерительные и калибровочные лаборатории отвечают определенным требованиям. Объективной базой для подтверждения выполнения требований к качеству измерений в каждой лаборатории служат результаты межлабораторных сличений (проверка компетенции) и системы менеджмента качества этих лабораторий. Национальные метрологические институты подписали в 1999 г. Соглашение о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов измерений и калибровок, выдаваемых национальными метрологическими институтами (MRA) [7]. Это соглашение стало новым этапом в развитии международной системы измерений и более тесном сотрудничестве метрологических институтов. Активизация этого сотрудничества, прежде всего, связана с проведением ключевых сличений национальных эталонов. Количество сличений существенно возросло и информация о их результатах стала легкодоступной на сайте BIPM.

Возвращаясь к требованиям простого пользователя результатов измерений, надо сказать, что VIM-3 [1, 2] вводит специальное понятие «совместимость результатов измерений».

Оно определено как «свойство множества результатов измерений для определенной измеряемой величины, при котором абсолютное значение разности любой пары измеренных значений величины, полученное из двух различных результатов измерений, меньше, чем некоторое выбранное кратное стандартной неопределенности измерений этой разности».

Таким образом, совместимость результатов измерений требует, с одной стороны, единых методов вычисления неопределенности измерений, что достигается международными документами в этой области [4 – 6]. А с другой стороны, и это самое главное, совместимость результатов требует, чтобы была обеспечена принципиальная возможность сопоставимости результатов измерений. Результаты измерений величин сопоставимы, если для них существует метрологическая прослеживаемость к одной и той же основе для сравнения. Соотношение понятий «метрологическая совместимость результатов измерения», «метрологическая сопоставимость результатов измерения» и «метрологическая прослеживаемость» графически представлена на рис. 2.

Понятие «метрологическая прослеживаемость» является относительно новым и определено как «свойство результата измерения, в соответствии

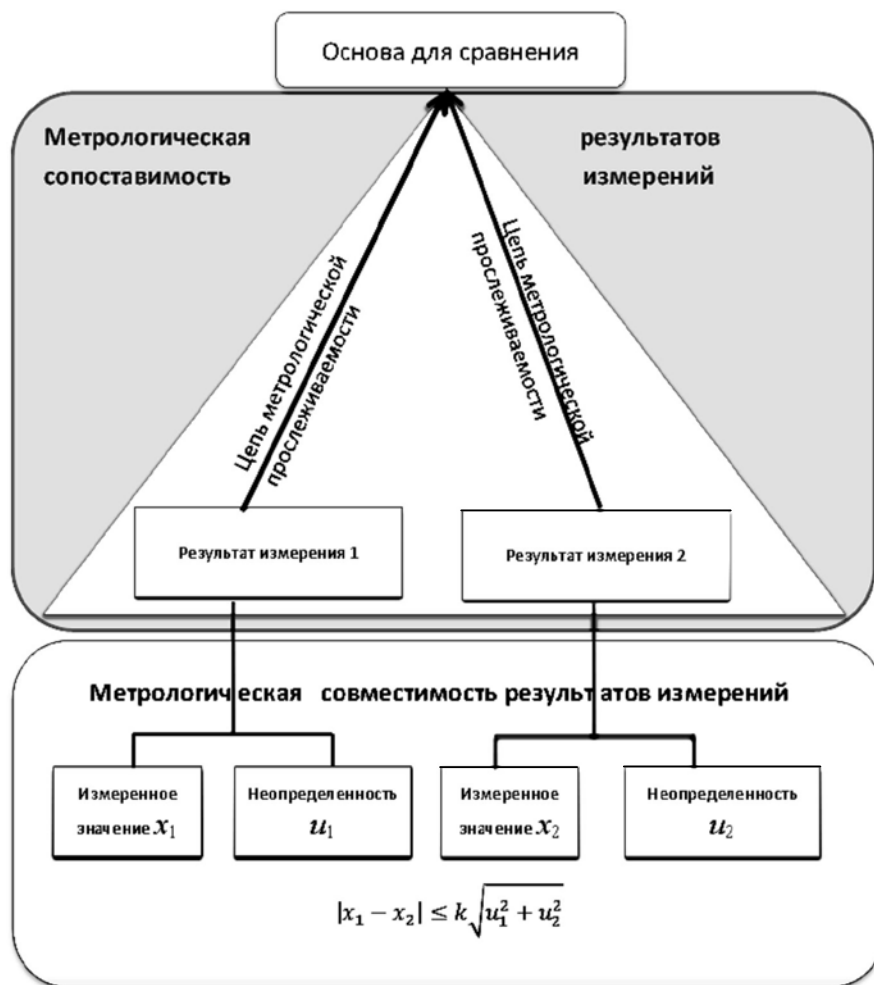


Рис. 2. Схема соотношения понятий

с которым результат может быть соотнесен с основной для сравнения через документированную непрерывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерения». Расширение понятия измерение и круга измеряемых величин поставило вопрос о новых подходах к обеспечению единства измерений. Прежде всего, это привело к расширению понятия «эталон» и появлению поня-

тия «reference», которое можно считать в определенной мере расширением понятия «единица измерения». Само понятие «reference» в VIM не определено, оно относится к исходным понятиям и его значение конкретизируется в различных понятиях. В табл. 1 представлены две группы терминов VIM, в которых используется понятие «reference» и приведены его трактовки для каждой из этих групп.

Таблица 1

Трактовка «reference» в различных понятиях

| Термины VIM   | Как трактовано «reference»   |
|---|--|
| 1.1 Величина<br>1.19 Значение величины<br>1.20 Числовое значение величины   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Единица измерения</li> <li>• Методика измерения</li> <li>• Стандартный образец</li> </ul>   |
| 2.40 Иерархия калибровки<br>2.41 Метрологическая прослеживаемость<br>2.42 Цепь метрологической прослеживаемости<br>2.43 Метрологическая прослеживаемость к единице измерения<br>2.47 Метрологическая сопоставимость результатов измерений | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Единица измерения через ее практическую реализацию</li> <li>• Методика измерений, включающая единицу измерения для величин, отличных от порядковых</li> <li>• Эталон</li> </ul> |

Единство измерений является итогом метрологической прослеживаемости результатов измерений. Как следует из определения в основе прослеживаемости результатов измерений лежит калибровочная иерархия эталонов и средств измерений. Однако, для ряда областей измерений, например, измерений величин в химии, биологии чрезвычайно важна методика измерений [8]. Методика измерений является последним звеном в «цепи метрологической прослеживаемости» наравне с последовательностью эталонов и калибровок. Надо подчеркнуть, что в примечании к термину «метрологическая прослеживаемость» перечисляются элементы ее подтверждения, которые использует ИЛАС, и среди них упомянуты и документированная методика измерений.

### Список литературы

1. ISO/IEC Guide 99-2007 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM).
2. Международный словарь по метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр./ Всерос. науч.-исслед. ин-т метрологии им. Д.И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии.

Изд. 2-у, испр. – СПб.: НПО «Профессионал», 2010. – 84 с.

3. РМГ 29-99 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
4. ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).
5. ISO/IEC Guide 98-3:2008/Supplement 1:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) – Supplement 1: Propagation of distributions using a Monte Carlo method.
6. ISO/IEC Guide 98-1:2009 Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement.
7. Bureau International des Poids et Mesures 1999 Mutual Recognition of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes.
8. EURACHEM/CITAC Guide: Traceability in Chemical Measurement A guide to achieving comparable results in chemical measurement (2003).

Поступила в редколлегию 12.01.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ВИМІРЮВАНЬ І РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

А.Г. Чуновкіна, Н.А. Бурмістрова

У статті обговорюються поняття, пов'язані з якістю результатів вимірювань і самих вимірювань, при цьому акцент робиться на змінах відповідних термінів і на взаємозв'язках цих понять.

**Ключові слова:** вимірювання, результат вимірювання, якість, єдність вимірювань.

### ABOUT DESCRIPTIONS OF QUALITY OF MEASUREMENTS AND RESULTS OF MEASUREMENTS

A.G. Chunovkina, N.A. Burmistrova

Concepts, related to quality of measurements results and measurements, come into question in the real article, here an accent is done on the changes of the proper terms and on intercommunications of these concepts.

**Keywords:** measurement, measurement result, quality, uniformity of measurements.