

УДК 389

В.П. Чалый

ГП НИИ измерительных и управляющих систем (НИИ «Система»), Львов

ИЗМЕРЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ АКТ ПОЗНАНИЯ

Статья посвящена философско-интерпретационным и прикладным аспектам концепции истинного значения и концепции неопределенности. Рассматривая процесс измерения как элементарный акт познания, автором сделана попытка на основании наиболее общих философских понятий и определений уточнить основные принципы измерения, сопоставить два подхода к оцениванию качества результатов измерения: – классический подход (СА) (или концепцию истинного значения) и новый подход – концепцию неопределенности (UA).

Ключевые слова: метрология, измерение, погрешность, неопределенность, гносеология, объект, субъект.

Введение

В текущем году можем, видимо, отметить своеобразный юбилей – 20-ти летие публикации в 1993 году международного документа – Руководства по выражению неопределенности (GUM) [1], который вместе с Международным словарем по метрологии (VIM) [2] охватывает понятийную систему концепции неопределенности (UA) и дает математическую интерпретацию неопределенности измерения через явно выраженную модельную функцию.

На основании этих документов по иерархическому принципу создано систему международных нормативных документов по метрологии, которая распространяется на разные отрасли измерения, разные уровни по точности и используется как на международном, региональных так и на национальных уровнях [3].

Необходимо отметить, что концепция неопределенности, которая преподносится как новый подход к оцениванию качества результата измерения, в действительности для нас не нова так как еще в 70-е годы подобные подходы интенсивно разрабатывались, в частности, ленинградской школой, что нашло свое воплощение в нормативном документе – в Рекомендациях МИ 2083 [4], действующем и по ныне.

Но у нас и до сих пор продолжают дискуссии типа «Pro et contra?» (за и против) [5]. В очередной дискуссии, например [6], д-р. В.П. Чечев считает, что «введение нового понятия «неопределенность» вредно, так как окончательно запутывает стройную (!?) терминологию классической теории погрешностей» и предлагает «срочно переработать, исключить из употребления или скорректировать нормативные документы, где используется термин «неопределенность» измерения.

Подобные высказывания вызывают, по меньшей мере, удивление на фоне тех успехов, которые происходят в области метрологии на международном уровне. Тем более, что термин «неопределен-

ность» использовался у нас задолго до появления GUM, например, в информационной теории измерения [7, 8]. В понятиях теории информации, как известно, цель измерения состоит в уменьшении остаточной энтропии и сужении энтропийного интервала неопределенности (интервала незнания), который является в некотором смысле аналогом расширенной неопределенности измерения.

Поэтому чрезвычайно актуальным становится истолкование общих и специфических концептуальных, теоретических и метрологических аспектов измерения, их философское объяснение и обоснование.

Должна быть создана общая платформа, сформулированная в самых общих, философских терминах и понятиях. К сожалению, Guide 98 part 1 [9], на наш взгляд, не выполнила в полной мере эту функцию.

Попытка внести посильный вклад в решение поставленной задачи и является предметом настоящей статьи.

Рассмотрим в связи с этим сам процесс измерения.

Состояние проблемы

Существует несколько теорий измерения: информационная, алгоритмическая, математическая, аксиоматическая и др., что само по себе уже говорит о незавершенности теории измерения.

Господствующая на сегодня репрезентативная теория измерения основывается на гомоморфизме, на убеждении, что математические формы неявно присутствуют в вещах. На самом деле у нас нет оснований непосредственное отношение свойств материальных объектов истолковывать как числа. Для этого свойства предварительно должны быть представлены числами, т.е. измерены. Число может быть отношением чисел, а не вещей [10].

В нормативных документах и технической литературе существуют много определений понятия «измерение».

Например, измерением мы называем:

– познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной величины с некоторым ее значением, принятым за единицу сравнения [11];

– нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств [12];

– *відображення вимірюваних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів* [13];

– совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины [14];

– process of experimental obtaining information about the magnitude of a quantity [2];

– процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине. Измерение подразумевает сравнение величин и включает счет объектов [15].

Анализ этих определений, однако, показывает, что в большинстве случаев понятие «измерение» описывается в терминах цели и ничего не говорит о сути, о механизме измерения.

Исключением являются, по-видимому, работы, в которых эта проблема исследуется с позиции теории познания [10, 16]. Автор опирается на такую философскую категорию как «объектно-субъектное отношение», по которой реальность разделяется на внешний (материальный) мир – онтологическую область и внутренний мир субъекта (мир идей) – гносеологическую область.

Если придерживаться гносеологической позиции М. Планка, то нужно признать что:

- внешний мир существует независимо от нас;
- этот мир недостижим для нас непосредственно;
- мы создаем упрощенные модели, которые являются для нас физическими образами этого недостижимого мира.

Наши контакты с внешним миром носят поверхностный характер. Наши ощущения не позволяют нам заглянуть непосредственно в глубину вещей. Гносеологическая ограниченность наших чувств была осознана еще в античные времена. Платон отмечал, что мы наблюдаем лишь «неясные тени» вещей. Е. Кант выразил эту идею понятием «вещь в себе».

Ограниченность наших ощущений создает определенные трудности в познании внешнего мира. В связи с этим можно говорить о существовании «гносеологического барьера» как специфической характеристики объектно-субъектного отношения.

Субъект воспринимает любой эмпирический объект, который наблюдает, как совокупность признаков отдельных свойств. Признак указывает лишь на то, что объект имеет соответствующее свойство. Но субъект не может количественно определить это свойство. То есть с помощью своих собственных ощущений он имеет способность лишь различать объекты.

То, что наблюдая объекты мы имеем некоторое представление об их количественной стороне и возможно даже кажется, что мы воспринимаем их непосредственно, объясняется особенностью нашего мозга. На этом его свойстве поддаваться иллюзии построены тренажеры для космонавтов, операторов, компьютерные игры и пр.

Для того, чтобы определить количественное проявление того или иного свойства объекта, субъект создает инструмент познания – измерительную систему, используя такую особенность внешнего мира как произвольное деление объектов на отдельные, тождественные (в количественном отношении) объекты. Выбирая один из них за элементарную меру с количественным проявлением свойства, которому предоставляют статус единицы измерения, и устанавливая соответствующее правило сочетания элементарных мер, формируют шкалу измерения.

Следующим этапом является установление факта эквивалентности объекта измерения и одной из мер шкалы.

Этапы процесса измерения – выбор элементарной меры, формирование шкалы, установление эквивалентности объекта одной из мер шкалы, реализуются в предметной (онтологической) области. Субъект пока еще отделен гносеологическим барьером. Его преодоление происходит за счет символизации эквивалентной меры. Воспринимая образ символа, субъект (человек) ставит ему в соответствие число, которое и является результатом измерения. Переход от образа символа к числу происходит уже полностью в сознании субъекта (в «гносеологической» области).

Таким образом в систему измерения должен обязательно быть включен субъект как носитель числа. Без человека измерение теряет смысл.

Принципы измерения

На основании изложенного выше автором [10] сформулировано три фундаментальных принципа измерения.

1. Принцип дискретности

Шкала измеряемого свойства дискретна по определению и формируется с помощью последовательных мер. Объект измерения мы «заменяем» во время измерения эквивалентной мерой. Эта операция означает дискретизацию в объектной области и является первой в «причинно-следственной» цепи: *мера – символ – образ – число*.

2. Принцип упорядоченности

Между элементами измерительной цепи должно существовать взаимно-однозначное соответствие, которое устанавливается отношением строгого порядка для элементов множеств двух типов (образы, числа). Если к тому же априори обеспечено взаимно-однозначное соответствие символа и его образа, то это дает возможность преодолеть гносеологический барьер и причинную цепь заменить логической цепью.

3. Принцип градуировки

Так как с точки зрения цели измерения важным является количественный аспект понятия числа, то операция измерения должна быть подчинена еще одному условию – должно удовлетворяться требование смысла. Это уже чисто гносеологическое условие, его соблюдение должно дать нам объективные знания относительно исследуемого объекта.

Все три принципа измерения – это одновременно и требования к построению и/или функционированию инструмента познания (измерительной системы), которые охватывают измерительную цепь, начиная с элементарной меры. В результате создания системы измерения, которая удовлетворяет принципам дискретности, упорядоченности и градуировки, количественное проявление свойств становится доступным нам в виде числовых представлений (непосредственно количественные проявления свойств объектов недоступны); гносеологический барьер преодолевается логически. Условия для этого создает система измерения.

Принципы измерения находятся в определенной подчиненности относительно друг-друга: принцип дискретности независимый и создает условия соблюдения принципа упорядоченности и градуировки. Принцип упорядоченности в свою очередь не зависит от принципа градуировки. Если по какой-то причине градуировка невозможна, то система будет просто системой упорядоченности как, например, система для определения твердости по шкале С Роквелла, или шкала октавных чисел для легкого топлива. Для удобства твердость материала, например, характеризуют числом, но число в данном случае указывает лишь на порядок и является символом порядка, подчиненной величиной. Алгебраические операции над такими величинами не имеют физического смысла [10, 15].

4. Принцип уверенности

Но процесс измерения не заканчивается на присвоении числа измеряемой величине, а продолжается в гносеологической области. Субъект (экспериментатор, "потребитель" результата измерения) должен оценить риски, которым он может подвергнуться, принимая относительно своей практической задачи то или иное решение на основании результатов измерения. Он должен удостовериться (поверить, убедиться) в качестве результата измерения,

оценив количественно степень неуверенности, в качестве которой используют погрешность или неопределенность. Иногда это закрепляют законодательно: «Результат измерения можно использовать только тогда, когда оценена его погрешность или неопределенность» [17].

Поэтому для полного завершения процесса измерения три упомянутых выше принципа измерения необходимо, по нашему мнению, дополнить четвертым принципом – *принципом уверенности* [18].

Анализ результатов

Какие выводы можно сделать из изложенного и к каким практическим последствиям это приводит?

Во-первых, принципиальной особенностью и ограниченностью измерения как метода познания есть то, что количественно объект характеризуется с точностью до элементарной меры (до количественного проявления в ней данного свойства – единицы измерения). Уменьшение размера элементарной меры для повышения точности имеет границу, которая определяется, по-видимому, строением материи. Переход этой границы, т.е. дальнейшая дискретизация объекта приводит к качественным изменениям его свойств. Измеряемая величина, как таковая, (т.е. свойство, явление, тело, вещество [15]), теряет смысл.

Стойкое убеждение в том, что существует абсолютно точное (без погрешности) значение измеряемой величины, которое как аксиома положено в основу концепции СА – ложно. Истинное значение не только неизвестно, но и не существующее в принципе. Не поможет здесь «... бесконечный процесс измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств», как это постулируется в [14]. Ни практически, ни даже теоретически это невозможно, принимая во внимание хотя бы реальную границу дискретизации количественного проявления свойств объектов внешнего мира.

В концепции UA наоборот, считается, что невозможно абсолютно точно (единственным значением) охарактеризовать с помощью числа количественное проявление измеряемого свойства, а только приписать измеряемой величине интервал достаточно обоснованных значений. Минимальное значение этого интервала определяется размером единицы измерения – дефинициальной неопределенностью [9, 15]. Только в тех случаях, когда дефинициальная неопределенность достаточно мала по сравнению с другими составляющими и ею можно пренебречь при решении данной конкретной задачи, интервал неопределенности «стягивается» (вырождается) в точку, и можно говорить о единственном (действительном) значении измеряемой величины.

Не корректно также ставить целью всякого измерения определение истинного значения измеряе-

мой величины, тем более такое требование устанавливать в нормативной документации [19].

Не улучшает радикально ситуацию (в интерпретационном смысле) замена понятия «истинного значения» на «действительное значение» так как последнее определяется через «истинное значение» [14]: «действительное значение физической величины ... настолько близкое к истинному значению, что ... может быть использовано вместо него (а есть ли такая необходимость?)».

В концепции СА под действительным значением величины мыслится ее значение, воспроизводимое международным или национальным эталоном единицы SI, а точнее, образно говоря, известное человечеству на данный момент с высочайшей точностью: таким является опорное значение ключевого сличения национальных эталонов, проведенное под контролем ВІРМ - международный виртуальный эталон данной единицы SI.

В концепции UA действительное или просто значение величины не обязательно должно быть таким, которое получено с максимальной возможной точностью. Здесь значение величины - это такое значение, которое, получено с неопределенностью, значительно ниже допустимой и ею можно пренебречь при решении «потребителем» метрологической услуги его конкретной практической задачи.

Во-вторых, процесс измерения охватывает как предметную (объектную, «онтологическую») область так и сознание человека (мир идей, «гносеологическую» область), что не всегда учитывается. Поэтому понятия и представления, которые относятся к одной из них, иногда ошибочно переносят на другую. Как пример такого смешивания понятий можно привести упомянутое выше соотношение между истинным и действительным значением измеряемой величины в концепции СА. Истинное значение - это гносеологическое понятие и нет смысла его искать в предметной области. Неправильно, на наш взгляд, понятие «действительное значение» определять через истинное, как это сделано в [14], - они в разных областях.

Одной из причин недоразумений и путаницы, возникающих иногда при сопоставлении понятий «погрешность» и «неопределенность» является неоднозначность понятия «погрешности» в концепции СА, на что обращалось внимание еще в [20]: погрешность - как отклонение результата измерения от истинного значения и, погрешность - как мера рассеяния значений на множестве многократных наблюдений, условий измерения, множестве измерительных приборов и т.п. в условиях воспроизводимости измерения - это разные понятия.

В первом случае погрешность (отклонение) по определению - это величина детерминированная, имеет определенный знак, конкретное числовое зна-

чение, и не всегда может быть непосредственно связана с измерениями, например, допустимая погрешность. Кстати, допуск на размер на чертеже погрешностью никогда не называют.

Во втором случае, погрешность - это величина случайная и как любая случайная величина характеризуется распределением плотности вероятности - точечными, параметрическими или интервальными оценками. Неопределенность - отличается от погрешности в значении отклонения, но совпадает с понятием погрешности как меры рассеивания. Сопоставление числовых расчетов неопределенности и погрешности именно в этом последнем варианте дает близкие результаты [21].

В-третьих, субъект (человек) играет в измерении решающую роль: он выступает как минимум в двух ипостасях, - как "компонент" измерительной системы и как "потребитель" результата измерения (это может сочетаться в одном лице). Измерение без присутствия человека теряет свой смысл.

Центральной фигурой в измерительном процессе является "потребитель" метрологической услуги: он заказывает измерения и он устанавливает требования к качеству измерения, исходя из условий достижения своей практической цели. На основании этих требований формулируется измерительная задача.

Присутствие субъекта в измерительном процессе в концепции UA проявляется в относительности (действительного) значения измеряемой величины (по отношению к заданной цели измерения), в широком применении субъективной вероятности, в использовании априорной информации для установления модельной функции распределения плотности вероятности входных величин, при оценке стандартной неопределенности по типу В и прочее.

В классическом подходе СА присутствие субъекта в измерительном процессе игнорируется.

Для того, чтобы нивелировать субъективный фактор и добиться доверия к результатам измерения в калибровочных и измерительных лабораториях и в национальных метрологических институтах в соответствии с Соглашением MRA [22] вводится система управления качеством согласно [23, 24], которая должна обеспечивать «прозрачность» и доказуемость полученных результатов измерения.

В-четвертых, важным моментом с гносеологической точки зрения является отношение субъекта к полученному результату измерения, которое отображается таким философским понятием как "уверенность" (вера). Очевидно именно поэтому в терминах, связанных с измерением, часто используются слова с корнем "вер": проверка, доверительный интервал, вероятность, поверка, верификация [18].

Выводы

Главной причиной неприятия отдельными специалистами концепции неопределенности и медленное ее внедрение в практику является недостаточное философское обоснование и объяснение общих и специфических, концептуальных и метрологических аспектов измерения как относительно концепции истинного значения так и концепции неопределенности, охватывающей измерения в физике, химии, лабораторной медицине, биологии, инженерных дисциплинах и прочее.

Исследования с позиции теории познания процесса измерения, как элементарного акта познания, на фоне объектно-субъектного разделения реальности дало возможность раскрыть его механизм, сформулировать фундаментальные принципы измерения, установить роль субъекта в этом процессе, определить специфику и ограниченность измерения, уточнить толкование некоторых основоположных понятий измерения и объективно сопоставить две концепции измерения - СА и UA.

Анализ показал, что концепция неопределенности (UA) лучше обоснована теоретически и более приближена к современной практике, чем концепция истинного значения (СА).

Список литературы

1. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (1993, amended 1995). (published by ISO).
2. International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM), ISO, 1993.
3. Величко О.Н., Гордиенко Т.Б. Современное состояние внедрения руководства GUM в документах международных и региональных организаций // Системи обробки інформації 2010, - Харків, випуск 4(85), - С. 7-10.
4. МИ 2083-90. Рекомендация. ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешности. - М.: Госстандарт СССР. - 1991. - С. 10.
5. Маркова Е.В. Концепция неопределенности. PRO ET CONTRA. ИТ. - 2000 - №5, - С. 24-26.
6. Дискуссия. Существует ли необходимость введения в метрологию нового термина... www.khlop.in.ru/discuss.php
7. Рабинович В.И., Царенко М.П. О количестве измерительной информации // Измерительная техника. - 1963. - №4. - с. 7-11; № 6. - с. 1-6; №10. - С. 8-13.
8. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. - Л.: Энергия, 1968. - 248 с.
9. ISO/IEC Guide 98. Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, ISO.
10. Брагин А.А. Общие принципы измерения // Украинский Метрологический журнал. №2 и 3, 2006.
11. Маликов М.Ф. Основы метрологии. - М.: Изд. Комитета по делам мер и измерительных приборов при СМ СССР. - 1949. - 480 с.
12. International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM). Draft April 2004, ISO VIM.
13. ДСТУ 2681-94. ДСВ. Метрологія. Терміни та визначення. Держстандарт України. Київ.
14. РМГ 29-99. Метрологія. Основные термины и определения. - Киев.: Госстандарт Украины, - 2002.
15. Международный словарь по метрологии: Основные и общие понятия и соответствующие термины. - Санкт-Петербург: НПО «Профессионал» - 2010, - 80 с.
16. Брагин А.А. Теоретические основы понятия погрешности // Системи-2008: метрологія, стандартизація, сертифікація. Матеріали науково-технічної конференції. - Львів, ДП НДІ «Система», - 2008 -, с.131-135
17. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 11.02.1998 №113/98-ВР (у редакції Закону України від 15.06.2004 № 1765-IV).
18. Чалий В. Деякі філософсько-інтерпретаційні та прикладні аспекти концепції непевності у вимірюванні // Метрологія та прилади. - 2011. - №4. - с. 3-10.
19. МИ 1317-2005. ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроль их параметров. - М.: Изд-стандартов.
20. Брянский Л.Н., Дойников А.С., Куприн Б.Н. Метрология. Эталоны, практика. - М.: ВНИИФТРИ, 2004. - 222 с.
21. РМГ 43-2004 ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
22. Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. - Paris, 14 October 1999.
23. ДСТУ ISO/IEC 17025 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. - Київ, Держспоживстандарт України, 2007.
24. ДСТУ ISO 10012 Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювань та засобів вимірювальної техніки. - К., Держспоживстандарт України, 2008.

Поступила в редколлегию 1.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Мачехин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ВИМІРЮВАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТАРНИЙ АКТ ПІЗНАННЯ

В.П. Чалий

Стаття присвячена філософсько-інтерпретаційним і прикладним аспектам концепції істинного значення та концепції невизначеності. Розглядаючи процес вимірювання як елементарний акт пізнання, автором зроблена спроба на підставі найбільш загальних філософських понять і визначень уточнити основні принципи вимірювання, зіставити два підходи до оцінювання якості результатів вимірювання: - класичний підхід (СА) (або концепцію похибки) і новий підхід - концепцію невизначеності (UA).

Ключові слова: метрологія, вимірювання, похибка, непевність, гносеологія, об'єкт, суб'єкт

MEASUREMENT AS AN ELEMENTARY ACT OF COGNITION

V.P. Chalyy

The article is devoted to philosophical-interpretative and applied aspects of the true value concept and uncertainty concept in measurement. Considering the measurement process as an elementary act of cognition, the author made an attempt on a basis of the most common philosophical concepts and definitions to clarify the basic principles of measurement to compare two approaches to the evaluation of the quality of a measurement result: - the classic approach (CA) (or the concept of error), and a new approach - the concept of uncertainty (UA).

Keywords: metrology, measurement, error, uncertainty, gnosiology, object, subject.