

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И ПОГРЕШНОСТЬ, ИХ СХОДСТВО, РАЗЛИЧИЕ И УПОТРЕБЛЕНИЕ В РАЗНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУРАХ

Кратко проанализированы в историческом плане причины возникновения нового подхода к оценке качества результатов измерений, особенности классического подхода в сравнении с новым подходом и состояние внедрения концепции неопределенности в Украине. Рассмотрено сходство и различие понятий «неопределенность» и «погрешность» и их использование в разных метрологических процедурах. Предложено пути внедрения концепции неопределенности в Украине.

метрология, неопределенность измерений, погрешность, классический подход СА, новый подход UA

Классический подход в оценивании качества результатов измерений (Classical Approach – CA), базирующийся на понятии «погрешность», который сформировался, в основном, в начале прошлого века, не смог адекватно ответить на возросшие потребности науки, техники и общества к концу века. Возник новый подход, подход с позиции неопределенности – Uncertainty Approach (UA).

Какие же причины возникновения UA?

1. Необходимость распространения измерений на новые, нетрадиционные для классической метрологии области такие как химия, биология, медицина, социология и др., где наряду с измерением физических величин в линейных метрических шкалах, характерных для СА, необходимо измерять неархимедовы величины в нелинейных шкалах и в шкалах порядка и наименований.

Известно [1], что Метрическая Конвенция 1875 года распространялась только на длину и массу. Электрические величины были включены только в 1921 г. Термометрия и фотометрия – в 20-х и 30-х годах. В 1960 г. было принято решение о включении эталона ионизирующего излучения, а в 1987 г. – шкал времени. В 1993 г. были сделаны первые шаги в области химии.

21-я генеральная Конференция ознаменовала собой поворотный момент в развитии международной метрологии. На ней была одобрена мысль, согласно которой метрология распространяется теперь почти на все области.

2. Необходимость обеспечения в условиях глобализации единства измерений в мировом масштабе.

Измерения, связанные с контролем загрязнения окружающей среды, с изменениями климата, измерениями в химической и нефтедобывающей промышленности, в торговле, в здравоохранении, в правоохранительных органах, антидопинг, безопасность и др., требуют достоверности и согласованности, а также, что очень важно, признания и сравнимости на

международном уровне. Возрастает необходимость сопоставления на международном уровне многих производственных величин, таких как расход, вязкость, акустические величины и пр.

Во всех случаях необходимым условием достижения успеха являются точные измерения, которые прослеживаются к эталонам единиц СИ.

3. Необходимость значительного повышения точности.

По данным Международного Бюро Мер и Весов [1] уровень точности в той части метрологии, которую можно назвать «классической», последние 50 лет повышался в 10 раз за каждые 10 – 20 лет и эта тенденция сохраняется.

Для повышения точности приходится учитывать все большее число факторов, которые влияют на результат измерения, строить более адекватные и, соответственно, более сложные модели измерений, объект измерения рассматривать не как детерминированную, а как случайную величину и даже как случайный процесс, его оценку делать на основании многократных наблюдений.

С другой стороны успехи точных наук, в том числе таких разделов математики как теория нечетких множеств и кибернетических дисциплин: теория идентификации, передачи информации, теория оценивания, теория принятия решений и др. дали возможность разработать новый подход к оцениванию качества измерений, основные положения которого в сжатом виде изложены в «Руководстве по выражению неопределенности в измерениях» [2]. Руководство и разработанные на его основе другие документы для конкретных метрологических процедур и конкретных видов измерений представляют собой стройную (открытую) систему нормативных документов, которая внедрена в практику за рубежом и постоянно совершенствуется.

Новый подход UA, безусловно, является крупным шагом в дальнейшем развитии метрологии как

науки, хотя авторам Руководства не удалось до конца решить все накопившиеся вопросы [3].

В Украине действует нормативная документация, которая разработана на основе СА и базируется на понятии «погрешность». Однако в отдельных видах метрологической деятельности, таких как:

- работа по международным проектам;
 - международные сличения национальных эталонов;
 - подготовка таблиц СМС-данных в соответствии с Соглашением МРА;
 - публикация материалов в зарубежной печати;
 - выпуск продукции и оказание услуг в соответствии с требованиями зарубежного заказчика;
 - аккредитация систем менеджмента качества национальных метрологических институтов;
 - аккредитация измерительных лабораторий в соответствии с ДСТУ ISO/IEC 17025 и др.,
- мы уже вынуждены результаты измерений представлять только в терминах неопределенности.

Правительством Украины подписан ряд международных соглашений, в соответствии с которыми отечественные нормативные документы, в том числе по метрологии, должны быть гармонизированы с европейскими. Закон Украины «Про зміну до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» 2004 года допускает употребление термина «неопределенность» к оценке качества результатов измерений. Действует также ДСТУ ISO/IEC 17025 [4], межгосударственные рекомендации РМГ 43-2004 [5] по применению Руководства. С 2007 года вводятся в действие ДСТУ ISO 10012 [6] и ДСТУ ISO/TR 10017 [7]. То есть Украина на сегодняшний день находится на переходном этапе, который, однако, затянулся на неопределенное время. Но параллельное существование двух систем оценки качества измерений усложняет методы оценки характеристик точности и противоречит базовым принципам стандартизации.

Нельзя признать правильным компиляцию этих двух систем. Каждая из них является самостоятельной, но соединение их частей не может быть успешным. Это подтверждает исторический опыт: первоначальные попытки дальнейшего развития методов оценки качества измерений в рамках СА оказались неудачными и фактически привели к появлению нового подхода (UA).

Классический подход (СА) является детерминированным, он базируется на утверждении того, что измеряемая величина в конечном счете может быть охарактеризована единственным, истинным значением, но только вследствие наличия погрешностей (систематических и случайных) измерительных приборов и методов оно не может быть определено. Измерение – это сравнение измеряемой величины с мерой. Разность между результатом измерения и

истинным значением измеряемой величины является погрешностью. Но исторически сложилось так, что по мере повышения точности, статистические характеристики рассеивания результатов многократных наблюдений при измерении стали также называть погрешностями. Произошла подмена понятий:

- с одной стороны, погрешность – это отклонение (от истинного значения, от номинального значения, граница допустимого отклонения и др.);
- с другой, погрешность – это мера рассеивания значений на множестве наблюдений, множестве измерительных приборов (реальном или мнимом, реализуемом путем учета их типовых метрологических характеристик), множестве условий измерений, множестве справочных данных.

Это два совершенно разных понятия. В первом случае погрешность (отклонение) есть величина детерминированная, имеющая определенный знак (плюс или минус) и конкретное значение и не всегда связана с измерениями. Во втором, погрешность – величина случайная и, как всякая случайная величина, характеризуется распределением плотности вероятности (точечными оценками, параметрическими или интервальными оценками) и непосредственно связана с измерениями.

Неоднозначность термина «погрешность» в СА явилась источником недоразумений и даже спекуляций при анализе соотношения понятий «погрешность» и «неопределенность» [8 – 10].

Новый подход UA (с позиции неопределенности) базируется на теоретико-множественной концепции в науке. Его авторы, по-видимому, придерживаются гносеологической позиции М. Планка, которая сформулирована в виде трех фундаментальных тезисов:

- внешний мир существует независимо от нас;
- этот мир непосредственно недоступен для нас;
- мы придумываем упрощенные модели, которые служат нам образами этого недоступного мира.

В подходе UA считается доказанным: когда все известные или допустимые компоненты погрешности оценены и внесены соответствующиеправки, все еще остается неопределенность относительно истинности установленного результата, то есть сомнение в том насколько точно результат измерения отображает значение измеряемой величины. В качестве критерия оценки рассеивания результатов измерений принято понятие «неопределенность», которое непосредственно связано с измерением и только с измерением.

С этой точки зрения «неопределенность» совпадает с понятием «погрешность» во втором его значении (в смысле характеристики рассеивания результатов измерений) и совершенно отличается от

понятия «погрешность» в ее первом значении (в смысле отклонения).

Разницу между понятием «погрешность» первого варианта и понятием «неопределенность» можно наглядно проиллюстрировать таким примером. При разовом измерении результат может случайно оказаться совпадающим с истинным (условно истинным) значением измеряемой величины, т.е. погрешность (в смысле отклонение) может быть равна нулю. В то же время неопределенность как мера нашей неуверенности в полученном результате может оказаться большой, так как неопределенность должна учитывать все возможное рассеивание результатов измерений, возникающее за счет возможных условий измерений в допустимом диапазоне влияющих факторов, всей множественности измерительных и эталонных приборов данного типа при их гипотети-

ческом использовании в данных измерениях, что реализуется учетом их типовых метрологических характеристик, возможных методов измерений и других случайных факторов.

В подходе UA авторы отказались от понятия «истинное значение» и от «погрешности» как меры отклонения результата измерения от истинного значения, которые не являются конструктивными: истинное значение не только неизвестно, но оно и не существует реально. По мере приближения к «истинному значению» (по мере уменьшения погрешности) при построении модели измерения мы должны учитывать, в конце концов, атомное строение вещества и неизбежно столкнуться с «неопределенностью», существующей в квантовой механике.

Процесс измерения в подходе UA можно проиллюстрировать схемой, представленной на рис.1.



Рис. 1. Процедура измерения в современном представлении

Объект измерения вместе с источником помех и окружающей средой создают поле параметров, с которым взаимодействуют сенсоры измерительной системы (прибора) и которые воспринимают соответствующую информацию.

Измерительная информация передается по каналам связи под влиянием внешних и внутренних влияющих величин – происходит вероятностное отображение измерительной информации и формируется поле наблюдений. Результаты наблюдений подлежат процедуре оценивания, которая про-

водится на основании модельной функции по соответствующим правилам при выбранных критериях оценки.

При этом широко используется априорная информация и принимается решение. Решение заключается в определении интервала неопределенности, в который попадает наилучшая оценка измеряемой величины (y), а также в оценке ширины интервала неопределенности ($\pm U$) при установленном уровне доверительной вероятности (P).

Классическое представление процедуры измерения на этом фоне выглядит несколько упрощенным, архаическим.

Измерение присутствует в той или иной степени практически во всех метрологических процедурах: при метрологической аттестации, установлении метрологических характеристик средств измерений, при поверке, разработке методик выполнения измерений, калибровке, метрологической верификации, метрологическом подтверждении, сличении национальных эталонов, межлабораторных сличениях. Для характеристик качества выполнения этих процедур используются помимо понятия «неопределенность» (которое непосредственно приложимо только к результату измерения) другие понятия, в том числе «погрешность» как отклонение результата измерения от заданного (или номинального, допустимого) значения. В некоторых зарубежных странах с развитыми метрологическими системами установлены нормы для отношения, например, гранично допустимой погрешности прибора к неопределенности измерения его метрологических характеристик при метрологической верификации, которое не должно быть ниже 3-х [11]. Если неопределенность используется для оценки качества метрологических процедур, то метрологические характеристики (погрешности) приборов (методик измерений) являются источниками составляющих неопределенности измерений, выполняемых с помощью этих приборов (по этим методикам).

Существует принципиальная возможность все метрологические процедуры разложить на отдельные метрологические операции, тот или иной набор которых будет составлять определенную операцию. Например, согласно ДСТУ ISO 10012 метрологическое подтверждение включает метрологическую верификацию, метрологическая верификация включает калибровку, а последняя включает измерение.

Выводы:

1. Новый подход к оценке качества результатов измерений, основанный на концепции «неопределенности», является крупным шагом в дальнейшем развитии метрологии, хотя его авторам не удалось решить до конца все накопившиеся вопросы.
2. Для успешного внедрения нового подхода в Украине необходимо разработать национальное дополнение к «Настановам з поданням невизначеності

у вимірюваннях» и издать его официально вместе с последним.

3. Для практикующих метрологов необходимо разработать гармонизированные с международными (например, с DKD-3, EA-4/02 и др.) простые и понятные нормативные документы по оценке неопределенности для разных тематических областей и разных метрологических уровней измерений с приведением примеров расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Involving Needs for Metrology in Trade Industry and Society and the Role of BIPM. A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Meter Convention. April 2003.
2. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First Edition. – ISO, Switzerland, 1993.
3. *Захаров И.П.* Составление бюджета неопределенности совместных измерений // Украинський метрологічний журнал. – 2005. – № 3. – С. 15-18.
4. ДСТУ ISO/IEC 17025. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
5. РМГ 43-2001 ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
6. ДСТУ ISO 10012 Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювань та засобів виміральної техніки.
7. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ДСТУ ISO 9001:2001.
8. *Александров Ю.И.* Применять или не применять концепцию «Руководства по выражению неопределенности»? // Измерительная техника. – 2000. – № 7. – С. 18-22.
9. *Слаев В.А., Чуновкина А.Г., Чурсин А.В.* Неопределенность измерения: определение и способы вычисления // Измерительная техника. – 2000. – № 5. – С. 26-27.
10. *Кузнецов В.П.* Сопоставительный анализ погрешности и неопределенности измерений // Измерительная техника. – 2003. – № 8. – С. 21-27.
11. *Sommer K.-D., Chappel S.E., Kochsiek M.* Calibration and verification: Two procedures having comparable objectives and results // OILM bulletin, – Vol.XLII, No1. – 2001.

Поступила 2.03.2006

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