

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

ГВУЗ “Украинский государственный химико-технологический университет”, г. Днепропетровск

Рассматриваются проблемы использования концепции неопределенности в ходе калибровки средств измерений. Предложена информационная характеристика неопределенности средства измерения.

В нормативных документах [1] и [2] указывается, что при калибровке средств измерения необходимо учитывать неопределенность измерений. К сожалению, в рекомендуемых методических материалах, таких как [3] и [4], нет указаний, как использовать концепцию неопределенности в ходе калибровки измерительных приборов.

В трудах Международной Организации Законодательной Метрологии OIML [5] предлагается принимать решение о соответствии прибора спецификациям ISO, если:

а) значение инструментальной погрешности Δx калибруемого инструмента удовлетворяет условию:

$$|\Delta x| \leq MPE - U_{95}, \quad (1)$$

где MPE — значение предписанных пределов погрешности; U_{95} — фактическая расширенная неопределенность измерения, связанная со значением инструментальной погрешности Δx ;

б) расширенная неопределенность измерения, связанная с инструментальной погрешностью, для вероятности охвата 95% мала по сравнению с установленными границами погрешности.

Таким образом, приходится возвращаться к традиционным подходам, основанным на оценке погрешности измерения, со всеми их недостатками, которые и обусловили необходимость подхода с позиции неопределенности. Кроме того, оценка неопределенности методами, изложенными в работах [3] и [4], основана на дисперсии измеряемой величины. Известно, что дисперсия однозначно может охарактеризовать только нормальный закон распределения вероятностей. Для других законов распределения вероятностей необходимо учитывать моменты высших порядков — коэффициент асимметрии и эксцесс.

Для решения возникших проблем предлагается использовать информационный подход.

Известно, что характеристикой неопределенности случайной величины, полностью учитывающей закон ее распределения, является энтропия (см., например, [6]). В работе [7] показана целесообразность использования в теории измерений понятия неопределенности Бонгарда [8]. Для наблюдателя, исходящего из гипотезы, что некоторая задача характеризуется распределением вероятностей ответа $\{q_j\}$, в то время как реальным является распределение $\{p_j\}$, М.М. Бонгард ввел меру неопределенности в виде:

$$N(p/q) = -\sum_j p_j \log q_j. \quad (2)$$

При этом, согласно Бонгарду, эксперимент несет наблюдателю полезную информацию в количестве:

$$I_{\Pi} = H(p) - N(p/q) = \sum_j p_j \log(q_j/p_j). \quad (3)$$

Здесь $H(p)$ — энтропия, выступающая как мера априорной неопределенности, имеющей место до эксперимента, апостериорная неопределенность, соответственно, оценивается величиной $N(p/q)$, которая может быть как меньше, так и больше, чем $H(p)$. В последнем случае эксперимент несет дезинформацию для наблюдателя.

Для процессов измерения выражения (2) и (3) интерпретируются следующим образом. Пусть измеряемая величина имеет распределение вероятностей $P=\{p\}$. Вследствие несовершенства средств и методов измерений результаты измерений имеют другое распределение $Q=\{q\}$. Поэтому средство измерения вносит следующее количество дезинформации (отрицательной полезной информации):

$$D = N(p/q) - H(p) = \sum_j p_j \log(p_j/q_j). \quad (4)$$

Для принятия решения о пригодности сред-

ства измерения предлагаем использовать относительную оценку неопределенности, которая сравнивает дезинформацию, вносимую калибруемым средством измерений, с максимально возможной дезинформацией D_{\max} . Как видно из (4), максимум дезинформации имеет место при $H(\rho)=0$:

$$D_{\max} = N(p/q) = -\sum_j p_j \log q_j. \quad (5)$$

Относительная неопределенность:

$$v = \frac{D}{D_{\max}} = 1 - \frac{\sum_j p_j \log p_j}{\sum_j p_j \log q_j}. \quad (6)$$

Отсюда видно, что относительная неопределенность изменяется в интервале $[0; 1]$. Если v стремится к 0, то неопределенность исчезает, средство измерения абсолютно точное.

Относительную неопределенность следует выражать в процентах и указывать в технической документации средств измерений. В переходной период она может применяться наряду с классом точности. Со временем, когда концепция неопределенности окончательно утвердится, неопределенность измерения может стать основной метрологической характеристикой средств измерений.

В ходе калибровки средства измерения необходимо оценить в соответствии с (6) относительную неопределенность и сравнить со значением, указанным в документации на калибруемое устройство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ ISO/IEC 17025-2001. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. — К.: Держстандарт України, 2001. — 12 с.
2. ДСТУ ISO 10012:2005. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання. — К.: Держстандарт України, 2007. — 14 с.
3. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, Geneva 1995 (corrected and reprinted).
4. РМГ 43-2001. Рекомендации по межгосударственной стандартизации, ГСИ. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений". — Минск.: Изд-во стандартов, 2002. — 20 с.
5. Klaus-Dieter Sommer, Manfred Kochsiek. Role of measurement uncertainty in deciding conformance in legal metrology. — OIML Bulletin. — 2002. — № 2. — Vol.XLIII. — P.19-24.
6. Yuan Wei. Variance, Entropy and Uncertainty Measure. — Proceedings of the Survey Research Methods Section, American Statistical Association (1987) — P.609, 610.
7. Манко Г.И., Дашко С.В. Информационные характеристики измерительных систем. Теоретико-методологические начала // Вопр. химии и хим. технологии. — 2003. — №3. — С.179-181.
8. Бонгард М.М. Проблемы узнавания. — М.: Наука, 1967. — 320 с.

Поступила в редакцию 26.05.2008