



О НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ КАЛИБРОВКИ

Г.Ю. Народницкий, доктор технических наук, старший научный сотрудник, директор научного центра
ННЦ "Институт метрологии", г. Харьков



Рассмотрена возможность получения стандартной неопределенности измерений по типу В калибруемого средства измерительной техники по данным измерений при калибровке.

Ключевые слова: калибровка, неопределенность, отклонение, экспериментальные данные, эталон.

The possibility of obtaining type B standard measurement uncertainty of a calibrated measuring instrument according to measurement data during its calibration is considered.

Keywords: calibration, uncertainty, deviation, experimental data, measurement standard.

Наиболее последовательно неопределенность средств измерительной техники (СИТ) находится в случае, если этими СИТ являются национальные эталоны. Тогда, в процессе долговременных исследований национальных эталонов, находятся стандартная неопределенность по типу А (по результатам экспериментального изучения флуктуаций результатов измерений эталонами в стабильных условиях), стандартная неопределенность по типу В (по изучению отдельных составляющих неопределенности эталона, обусловленных влиянием различных факторов с учетом уравнения измерений эталоном) и отклонение (аналог систематической погрешности, на величину которой рекомендуется дать поправку, но которую, как правило, исключают при разработке эталона).

Иначе обстоит дело в случае калибровки СИТ, проводимой, как правило, в течение нескольких часов. Систематическую погрешность в этом случае можно найти в основном лишь для стабильных мер, когда отклонение от номинального значения можно трактовать как проявление систематической погрешности. При этом стандартную неопределенность по типу В находят на основе известных зависимостей измеряемых величин от влияющих факторов. В этом случае очень важно сочетать

такой подход хотя бы с эпизодическими экспериментальными проверками влияния различных факторов. Например, автор многократно сравнивал изменчивость вместимости эталонных металлических мерников с предсказанной стандартной неопределенностью по типу В в процессе проведения международных и межлабораторных сличений.

Совершенно по-другому происходит анализ данных калибровки СИТ флуктуирующих процессов: вольтметров, уровнемеров, расходомеров и других, самых разных производителей и реализующих разные методы. Например, уровнемеры радарные, рефлексные, ультразвуковые и др., расходомеры кориолисовые, электромагнитные, ультразвуковые и др. Разные производители достигают разной точности для одних и тех же типов за счет применения каких-либо усовершенствований, не известных лицам, проводящим калибровку.

Для рассмотрения этого случая необходимо упомянуть, что, согласно [1] и [2], стандартная неопределенность по типу А находится по результатам статистического анализа, а стандартная неопределенность по типу В — иным путем, включая, в частности, и оценку смещений [1].

Неопределенность измерений таких СИТ, когда из литературы трудно получить правильную оценку, а длительные исследования за время калибровки невозможны, представляется целесообразным получить по экспериментальным данным следующим образом.

В диапазоне калибровки на каждом значении измеряемой величины выполняется n наблюдений эталоном и калибруемым средством. На каждом значении находится средняя величина A_{cp} отклонений A показаний калибруемого СИТ и эталона, а также стандартная неопределенность по типу А показаний калибруемого СИТ. Считается, что все отклонения средних значений обусловлены стандартной неопределенностью по типу В эталона и калибруемого СИТ, так как найти систематическую погрешность за короткое время калибровки невозможно, кроме того, изготовители таких приборов исключают, как правило, систематическую погрешность. По максимальному

$A_{\text{ср макс}}$ и минимальному $A_{\text{ср мин}}$ среднему отклонению находится стандартная неопределенность по типу В средних отклонений $u_{\text{В откл}}$ для всего диапазона в предположении равномерного распределения средних отклонений по выражению

$$u_{\text{В откл}} = \frac{A_{\text{ср макс}} - A_{\text{ср мин}}}{2\sqrt{3}}.$$

По величине $u_{\text{В откл}}$ и стандартной неопределенности по типу В эталона $u_{\text{В эт}}$ и находится стандартная неопределенность по типу В калибруемого СИТ $u_{\text{В калибр}}$:

$$u_{\text{В калибр}} = \sqrt{u_{\text{В откл}}^2 - u_{\text{В эт}}^2}.$$

В этом выражении учтено, что отклонение является результатом косвенных измерений разности двух независимых величин — данных измерений эталоном и калибруемым СИТ. Абсолютные погрешность и неопределенность как суммы, так и разности двух независимых величин равны корню квадратному из суммы квадратов погрешностей (неопределенностей) этих величин.

В качестве стандартной неопределенности по типу А для всего диапазона $u_{\text{А калибр}}$, следует принять среднее значение стандартных неопределенностей по типу А для всех значений.

Расширенная неопределенность измерений калибруемым средством $U_{\text{калибр}}$ равна

$$U_{\text{калибр}} = 2\sqrt{u_{\text{А калибр}}^2 - u_{\text{В калибр}}^2}.$$

Какие-либо усреднения неопределенности по всему диапазону оправданы лишь в случае, если предполагается, что они не зависят от выбранных значений в диапазоне. Некоторым основанием для этого может быть нормированная погрешность (неопределенность). Если эта величина задана, например, в виде абсолютной или приведенной к верхней границе диапазона погрешности, то усреднять следует абсолютные значения неопределенности, как указано выше. Если же нормирована относительная погрешность, то следует перевести полученные значения в относительные величины (делением на выбранные значения по диапазону) и лишь затем находить $u_{\text{А}}$ и $u_{\text{В}}$ по диапазону.

Следует заметить, что для расчета стандартной неопределенности по типу В калибруемого средства, с использованием известных ранее и литературных данных, очень характерен недоучет влияющих составляющих. Поэтому, если даже проводится расчет стандартной неопределенности по типу В по таким данным, целесообразно сопоставить результат такого расчета с приведенным выше расчетом на основе экспериментальных данных.

Список литературы

1. JCGM 200:2012. Міжнародний словник з метрології. Основні й загальні поняття та пов'язані з ними терміни (VIM). Вид. 3-тє. Київ: Мін-економрозвитку України, 2017. 69 с.
2. РМГ 43–2001 ГСИ. Применение “Руководства по выражению неопределенности измерений”. Минск: Изд-во стандартов, 2002. 15 с.