

	<b>Рекомендация КОOMET</b>	<b>COOMET R/GM/19:2016</b>
	<b>Руководство по оцениванию данных дополнительных сличений КОOMET</b>	
<p><i>Одобрена на 6-м заседании Объединенного Комитета по эталонам (Харьков, Украина, 15–16 мая 2008)</i></p> <p><i>Утверждена на 18-м заседании Комитета КОOMET (Харьков, Украина, 15–16 мая 2008)</i></p> <p><i>Актуализирована и одобрена на 10 заседании ТК1.1 КОOMET (Санкт-Петербург, 23 сентября 2015г)</i></p> <p><i>Утверждена на 26 заседании Комитета КОOMET (Ереван, 19-20 апреля 2016)</i></p>		

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Дополнительные сличения национальных эталонов проводятся с целью подтверждения измерительных и калибровочных возможностей (СМС) [1] соответствующих национальных метрологических институтов (НМИ)..

При оценивании данных дополнительных сличений подтверждаются неопределенности измерений, заявляемые участниками сличений, что является, по сути, подтверждением соответствующих измерительных возможностей. Достаточно часто методики измерений при сличениях являются методиками калибровки данных лабораторий. В этом случае можно говорить и о подтверждении калибровочных возможностей лабораторий. Если методики калибровки отличны от методики измерений при сличениях, то сличения подтверждают только определенную составляющую неопределенности измерений при калибровке. В этом случае процедура подтверждения калибровочных возможностей дополнительно требует анализа системы менеджмента качества в лаборатории, включая экспертизу соответствующей методики калибровки.

## **2. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ**

Процедуры, изложенные в данном *Руководстве*, применимы для оценки данных дополнительных сличений КОOMET, когда выполняются следующие условия:

1. Транспортируемый эталон является стабильным.
2. Каждый национальный институт, участвующий в дополнительных сличениях КОOMET, представляет результат измерения и соответствующую суммарную стандартную неопределенность, а также бюджет неопределенности.
3. Для каждого института, участвующего в дополнительных сличениях КОOMET, на основе имеющейся информации распределение Гаусса может быть приписано измеряемой величине.

## **3. ОБОСНОВАНИЕ**

При оценивании данных дополнительных сличений целесообразно выделить два типа сличений

(1) Тип I. Сличения первичных национальных эталонов, которые по разным причинам не были внесены в список ключевых сличений. Среди таких причин можно выделить перегрузку Консультативных комитетов и интерес к данному виду сличений только у ограниченного числа НМИ. Сличения данного типа часто могут быть двухсторонними.

Схема проведения дополнительных сличений первого типа практически не отличается от схемы проведения ключевых сличений. Пилот-лаборатория рассылает транспортируемый эталон сравнения, участники сличений представляют результаты измерений с соответствующими неопределенностями, а также бюджет неопределенности измерений. Круговая, радиальная и смещенная схема сличений определяется свойствами эталона-сравнения, прежде всего его стабильностью. На основе результатов измерений, представленных участниками сличений, вычисляется опорное значение дополнительных сличений. Некоторые особенности обработки данного вида сличений по сравнению с ключевыми сличениями СИРМ обусловлены соответствующей интерпретацией результатов сличений, поскольку не устанавливаются степени эквивалентности эталонов.

(2) Тип II. Сличения, как правило, вторичных национальных эталонов, которые заимствуют размер единицы у участников ключевых сличений. Участие таких НМИ в СИРМ КС проблематично, поскольку круг участников СИРМ КС ограничен прежде всего первичными национальными эталонами, которые имеют приблизительно один уровень точности, а также методами измерений, используемыми при проведении ключевых сличений. Для проведения дополнительных сличений данного типа необходимо привлечение референтной лаборатории, которая являлась бы участником ключевых сличений в данном виде измерений. Задача данной лаборатории определить опорное значение дополнительных сличений. Следует избегать смешивания терминов «опорное значение ключевых сличений» и «опорное значение дополнительных сличений». Дополнительные сличения типа II, как правило, проводятся строго с целью подтверждения СМС, поэтому в этом случае методика измерения при сличениях и методика калибровки идентичны. При оценивании данных этого типа сличений важен учет корреляций результатов измерений, возникающих вследствие заимствования единицы измерения.

#### **4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

- $x_i$  - результаты дополнительных сличений;
- $u(x_i)$  - заявленные стандартные неопределенности участников сличений;
- $n$  – число участников сличений;
- $x_{ref}$  - опорное значение дополнительных сличений;
- $u(x_{ref})$  - стандартная неопределенность опорного значения дополнительных сличений;
- $cov(x_i, x_{ref})$  - ковариация результатов измерения  $i$ -того НМИ и опорного значения дополнительных сличений, обусловленная заимствованием размера единицы;
- СМС - калибровочные и измерительные возможности

#### **5. ОЦЕНИВАНИЕ ДАННЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЛИЧЕНИЙ ПЕРВОГО ТИПА.**

##### **5.1 Проверка согласованности данных сличений**

**5.1.1** На основе результатов измерений и соответствующих неопределенностей  $\{x_i, u(x_i)\}, i = 1, \dots, n$ , представленных участниками сличений, вычисляют значение критерия  $\chi^2$ .

$$\chi^2 = \sum_1^n \frac{(x_i - x_{ref})^2}{u^2(x_i)} \quad (1)$$

где

$$x_{ref} = \frac{\sum_1^n \frac{x_i}{u^2(x_i)}}{\sum_1^n \frac{1}{u^2(x_i)}}, \quad u^2(x_{ref}) = \frac{1}{\sum_1^n \frac{1}{u^2(x_i)}} \quad (2)$$

**5.1.2** Если значение критерия, вычисленное по представленным НМИ данным, не превосходит критического значения  $\chi^2$  для уровня доверия 0,95 и числа степеней свободы  $n-1$

$$\chi^2 = \sum_1^n \frac{(x_i - x_{ref})^2}{u^2(x_i)} < \chi_{0,95}^2(n-1), \quad (3)$$

то данные разных НМИ могут быть признаны согласованными.

В этом случае для подтверждения СМС следует перейти к 5.4.1.

## **5.2 Выявление несогласованных данных и формирование множества согласованных данных сличения. .**

Определяется тот НМИ, который обеспечивает максимум критерия  $E_n$  :

$$\max_i E_n = \frac{|x_i - x_{ref}|}{2\sqrt{u^2(x_i) - u^2(x_{ref})}} \quad (4)$$

Далее данные этого НМИ временно исключаются из рассмотрения, и повторяется процедура п.5.1. Последовательное исключение данных повторяется до тех пор, пока не будет выполнено условие (3) для группы оставшихся данных (множество согласованных данных).

Для формирования множества согласованных данных также может быть применена процедура формирования наибольшего согласованного множества [2].

## **5.3 Анализ несогласованных данных.**

Те НМИ, результаты которых были исключены, должны провести анализ причин выпадения своих результатов. В результате анализа может быть установлено:

- результат измерения является промахом, и НМИ принимает решение об исключении своего результата. В этом случае заявленные неопределенности не подтверждаются в ходе данных дополнительных сличений, и для их подтверждения необходимо участие в других аналогичных дополнительных сличениях;
- НМИ выявляет причины занижения заявленной оценки неопределенности и предоставляет эти причины пилот-лаборатории и другим участникам сличений. Участники сличений соглашаются с представленными объяснениями, после чего первоначально заявленная неопределенность увеличивается так, чтобы можно было считать, что соответствующие СМС подтверждаются данными дополнительными сличениями (см. 5.4.2).

## 5.4 Подтверждение СМС данных.

5.4.1 Для результатов измерений, вошедших в множество согласованных данных и используемых для вычисления опорного значения применяется следующая процедура подтверждения СМС данных.

Если для результата измерения  $x$ ,  $u(x)$  выполняется условие:

$$E_n = \frac{|x - x_{ref}|}{2\sqrt{u^2(x) - u^2(x_{ref})}} < 1, \quad (5)$$

То минимальная стандартная неопределенность, которая может быть заявлена в качестве СМС составляет [3]:

$$u(cmc) = u(x) \quad (6),$$

Соответственно расширенная неопределенность составляет  $U_{0,95}(cmc) = 2u(x)$ .

Если для результата измерения  $x$ ,  $u(x)$  не выполняется условие (5), то минимальная стандартная неопределенность, которая может быть заявлена при выполнении измерений/калибровок (СМС) [3] вычисляется по формуле (7):

$$u^2(cmc) = \frac{(x - x_{ref})^2}{4} + u^2(\bar{x}_{ref}) \quad (7)$$

Соответственно расширенная неопределенность составляет  $U_{0,95}(cmc) = 2u(cmc)$ .

5.4.2 Для результатов измерений, не вошедших в множество согласованных данных и неиспользуемых для вычисления опорного значения минимальная стандартная неопределенность, которая может быть заявлена при выполнении измерений/калибровок (СМС) [3] вычисляется по формуле (8):

$$u^2(cmc) = \frac{(x - x_{ref})^2}{4} - u^2(\bar{x}_{ref}) \quad (8)$$

Соответственно расширенная неопределенность составляет  $U_{0,95}(cmc) = 2u(cmc)$ .

## 6. ОЦЕНИВАНИЕ ДАННЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЛИЧЕНИЙ ВТОРОГО ТИПА

### 6.1 Установление опорного значения дополнительных сличений

Референтная лаборатория устанавливает на основе результатов измерений или расчетов опорное значение дополнительных сличений - оценку значения транспортируемого эталона сравнения и соответствующую неопределенность:

$$x_{ref}, \quad u(x_{ref}) \quad (9)$$

### 6.2 Подтверждение СМС данных

6.2.1 Подтверждение СМС основано на использовании критерия  $\tilde{E}_n$  (10), вычисленном по представленному НМИ результату измерения,  $x$ ,  $u(x)$ :

$$\tilde{E}_n = \frac{|x - x_{ref}|}{2\sqrt{u^2(x) + u^2(x_{ref}) - 2\text{cov}(x, x_{ref})}} < 1 \quad (10)$$

*Примечание.* Основной причиной ковариации  $\text{cov}(x_i, x_{ref})$  является заимствование единицы величины у референтной лаборатории. Для вычисления ковариации необходимо проанализировать бюджет участника сличений и референтной

лаборатории и выявить те составляющие, которые являются общими и неизменными  $u_0^2(x_i)$ :

$$\text{cov}(x_i, x_{ref}) = u_0^2(x_i) \quad (11)$$

6.2.2 Если условие (10) выполняется, то минимальная стандартная неопределенность, которая может быть заявлена в качестве СМС [3] равна  $u(cmc) = u(x)$ . Соответственно расширенная неопределенность составляет  $U_{0,95}(cmc) = 2u(cmc)$ .

6.2.3 Результаты НМИ, которые не удовлетворяют неравенству (10), не подтверждают заявленные неопределенности. Эти НМИ должны провести анализ причин выпадения своих результатов. В результате анализа может быть установлено:

- результат измерения является промахом, и НМИ принимает решение об исключении своего результата. В этом случае заявленные неопределенности не подтверждаются в ходе данных дополнительных сличений, и для их подтверждения необходимо участие в других аналогичных дополнительных сличениях;
- НМИ выявляет причины занижения заявленной оценки неопределенности и предоставляет эти причины пилот-лаборатории и другим участникам сличений. Участники сличений соглашаются с представленными объяснениями, после чего первоначально заявленная неопределенность увеличивается. Минимальная стандартная неопределенность, которая может быть заявлена в качестве СМС [3] вычисляется по формуле (12):

$$u^2(cmc) = \frac{(x - x_{ref})^2}{4} - u^2(x_{ref}) \quad (12)$$

Соответственно расширенная неопределенность составляет  $U_{0,95}(cmc) = 2u(cmc)$ .

Литература:

1. Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) 1999 Mutual recognition of national standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes *BIPM Publication* (Sevres:BIPM)
2. Cox M. G. "The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset", 2007, *Metrologia* 44, pp. 187-200
3. Cox M G., Harris P, Milton M "Methods for determining acceptable CMC"  
<http://www.bipm.org/wg/AllowedDocuments.jsp?wg=GAWG>