

## **Вопросы методики сличений с национальным эталоном вторичных эталонов единиц параметров вибраций**

**В. Я. СМИРНОВ**

*Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, С.-Петербург, Россия, e-mail: smirnov.2520@mail.ru*

*Рассмотрена процедура сличений вторичных эталонов единиц параметров вибраций с национальным эталоном. Даны основные формулы для расчета трансформированных результатов сличений с целью определения прослеживаемости к результатам международных сличений.*

**Ключевые слова:** национальный и вторичный эталоны единиц параметров вибраций, вибропреобразователь, коэффициент преобразования, сличения, воспроизводимость, прослеживаемость.

*The comparisons procedure of secondary measurement standards of the vibration parameters units with the national standard are considered. The basic formulas for the transformed comparisons results calculation are presented definition of traceability to international comparisons results.*

**Key words:** national and secondary standards of vibration parameters units, vibration transducer, sensitivity, comparisons, reproducibility, traceability.

В настоящее время в действующей поверочной схеме [1], регламентирующей передачу размеров единиц параметров вибраций, предусмотрены вторичные эталоны (ВЭТ) и рабочие эталоны 1-го и 2-го разрядов. Для рабочих эталонов действуют нормативные документы на методы и средства поверки [2, 3], а для вторичных и рабочих, в которых используются абсолютные (интерференционные) методы измерений параметров вибраций, такой документ отсутствует. На сегодняшний день в России насчитывается уже пять ВЭТ (четыре в государственных метрологических службах и один на предприятии). Поэтому целесообразно разработать и утвердить в установленном порядке нормативный документ, регламентирующий процедуру и периодичность сличений ВЭТ с национальным эталоном. При этом следует учесть, что в данном случае требуется именно процедура сличений, а не передачи размеров единиц параметров вибраций от национального эталона вторичному, а погрешность ВЭТ (или, при необходимости, неопределенность измерений) должна рассчитываться, например, по методике, изложенной в [4]. В процессе же сличений необходимо подтвердить точностные характеристики ВЭТ, определенные расчетным путем. Ниже рассмотрена процедура, которая может быть принята за основу при таких сличениях и, по мнению автора, является наиболее подходящей для этого случая.

Следует отметить, что в России существует нормативный документ, регламентирующий сличения групп средств измерений (СИ) одинакового уровня точности [5]. Но этот документ регламентирует определение погрешности сличаемых СИ. Она не должна превышать заданных пределов и, если это условие выполняется, то эталонное СИ признается пригодным к дальнейшей эксплуатации (как при обычной поверке). В процессе данных сличений предлагается не ставить задачу определения погрешности ВЭТ, сличаемых с национальным эталоном. Необходимо оценить воспроизводимость единиц параметров вибраций на различных эталонных установках. При этом за основу может быть принята

процедура, применяемая для международных сличений национальных эталонов параметров вибраций. В этом случае участие национального эталона РФ в международных сличениях позволяет использовать его в качестве связующего эталона и, таким образом, можно не только подтвердить точностные характеристики ВЭТ, но и оценить прослеживаемость (traceability) сличаемого ВЭТ к результатам международных сличений.

Процедура сличений ВЭТ должна состоять из нескольких этапов.

На первом этапе необходимо определять стабильность эталона сличений, в качестве которого можно применять один или несколько стабильных пьезоэлектрических вибропреобразователей (например, моделей 8305, «Брюль и Кьер», Дания; AP-10, «ГлобалТест», Россия; 2270, «Эндевко», США и другие вибропреобразователи, признаваемые эталонными). Оценку стабильности эталона сличений осуществляют по изменениям его коэффициентов преобразования на базовой частоте в течение длительного интервала времени (например, одного года).

На втором этапе (этапе измерений) выполняются измерения коэффициента преобразования эталона сличения на ВЭТ, участвующих в сличениях. Определение коэффициента преобразования следует проводить в течение интервала времени (например, одной недели), несколькими сериями на различных частотах третьоктавного ряда в рабочем диапазоне частот. Протоколы сличений должны обрабатываться в лаборатории — хранителе ВЭТ и направляться в лабораторию, организующую сличения.

В сличениях могут принимать участие как все существующие в стране ВЭТ (многосторонние сличения), так и отдельные ВЭТ (двусторонние сличения). Схема сличений может быть как радиальной, так и круговой. При использовании радиального порядка сличений после измерений, проводимых каждой лабораторией-участником, у организатора сличений появляется возможность проверки коэффициен-

та преобразования между измерениями. Но длительность сличений в этом случае увеличивается. При круговом порядке сличений отсутствует возможность проверки коэффициента преобразования между измерениями, но суммарный временной интервал измерений в лабораториях, участвующих в сличениях, сокращается.

На третьем этапе лаборатория — организатор сличений проводит обработку полученных результатов и определяет их прослеживаемость к результатам международных сличений. В качестве процедуры может быть взята *D*-процедура, регламентированная в [6]. Она предполагает обработку исходных данных и вычисление трансформированных значений участников сличений. Связующим звеном с результатами международных сличений должен быть эталон, принимающий участие в международных сличениях. В данном случае — это национальный эталон РФ (далее — связующий эталон).

Трансформированный результат сличений *i*-го участника находят по формулам

$$\bar{S}_i^T = \bar{S}_i c; u_{отн}^2(\bar{S}_i^T) = u_{отн}^2(\bar{S}_i) + u_{отн}^2(c);$$

$$u_{отн}^2(c) = 2u_{отн}^2(\bar{S}^{\bullet})(1 - \rho_i),$$

где  $c = S^{\bullet} / \bar{S}^{\bullet}$  — мультипликативная поправка для случая одного связующего эталона;  $u_{отн}^2(\bar{S}_i^T)$ ,  $u_{отн}^2(\bar{S}_i)$ ,  $u_{отн}^2(c)$  — квадраты относительной погрешности (неопределенности), соответственно, трансформированных результатов *i*-го участника сличений, результатов, полученных *i*-м участником сличений и мультипликативной поправки;  $S^{\bullet}$ ,  $\bar{S}^{\bullet}$  — результаты измерений связующего эталона, полученные в ключевых международных сличениях и сличениях ВЭТ в РФ;  $\rho_i$  — коэффициент корреляции между результатами, полученными связующим эталоном в международных сличениях и сличениях в РФ.

Можно принять

$$u_{отн}^2(c) = 2u_{отн}^2(\bar{S}^{\bullet}) \left( 1 - \frac{u_{отн.В}^2(\bar{S}^{\bullet})}{u_{отн.А}^2(\bar{S}^{\bullet}) + u_{отн.В}^2(\bar{S}^{\bullet})} \right),$$

где  $u_{отн}^2(\bar{S}^{\bullet})$  — квадрат относительной погрешности (неопределенности) результата измерений связующего эталона, полученного при сличениях ВЭТ в РФ;  $u_{отн.В}^2(\bar{S}^{\bullet})$ ,  $u_{отн.А}^2(\bar{S}^{\bullet})$  — квадраты относительных систематической погрешности (стандартной неопределенности по типу В) и случайной составляющей погрешности (стандартной неопределенности по типу А) измерений связующего эталона.

Расчет степени эквивалентности трансформированных результатов измерений *i*-го участника сличений проводят по формуле

$$d_i^T = \bar{S}_i c - S_{оп}$$

с квадратом абсолютного значения погрешности (неопределенности)

$$u^2(d_i^T) = c^2 u^2(\bar{S}_i) + u^2(S_{оп}) + 2 \left[ u^2(S^{\bullet})(1 - \rho_i) \right] \left[ 1 - \frac{u^2(S_{оп})}{u^2(\bar{S}_i)} \right],$$

где  $S_{оп}$  — опорное значение результата измерений, определенное в международных сличениях;  $u^2(\bar{S}_i)$ ,  $u^2(S_{оп})$ ,  $u^2(S^{\bullet})$  — квадраты абсолютных погрешностей (неопределенностей), соответственно, результатов, полученных *i*-м участником сличений, опорного значения результата измерений, результата измерений связующего эталона, полученного в ключевых международных сличениях.

Результаты измерений *i*-го участника согласуются с результатами измерений, полученными в международных сличениях, если

$$|d_i^T| \leq 2u(d_i^T).$$

На последнем этапе проводится обработка полученных результатов и составляется предварительный отчет о сличениях, который должен рассылаться участникам. После проверки полученных результатов участники составляют окончательный отчет о сличениях.

Если результаты сличений для какого-либо ВЭТ будут неудовлетворительными, то следует проанализировать причины, вызвавшие такие результаты, и их устранить. После этого должны быть проведены двусторонние сличения со связующим эталоном и только после получения положительных результатов двусторонних сличений этот ВЭТ может быть допущен к эксплуатации.

Процедуру сличений ВЭТ необходимо выполнять один раз в два-три года. При получении положительных результатов после проведения двух-трех сличений можно рассматривать вопрос об увеличении интервала между сличениями до пяти лет. Нормативный документ, регламентирующий сличения ВЭТ с национальным эталоном, может быть в ранге рекомендаций метрологического института (например, МИ). Ответственность за проведение сличений должна возлагаться на лабораторию — хранитель национального эталона (ВНИИМ им. Д. И. Менделеева). Финансирование сличений может осуществляться централизованно за счет средств госбюджета или участниками сличений — хранителями ВЭТ.

#### Л и т е р а т у р а

1. **МИ 2070—90.** ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот  $3 \cdot 10^{-1}$ — $2 \cdot 10^4$  Гц.
2. **МИ 1071—85.** ГСИ. Средства измерений параметров вибраций образцовые. Методика поверки.
3. **МИ 1929—2007.** ГСИ. Установки вибрационные поверочные. Методика поверки.
4. **ГОСТ Р ИСО 16063-11:1999.** Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Ч. 11. Первичная калибровка датчиков вибрации с помощью лазерной интерферометрии.
5. **МИ 1832—88.** ГСИ. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила.
6. **COOMET R/GM/14:2006:** Руководство по оцениванию данных ключевых сличений COOMET.

Дата принятия 02.08.2010 г.