

СОГЛАСОВАНО

**Первый заместитель генерального
директора-заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**



А.Н. Щипунов

04 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка акустическая поверочная ЭСВ-1

Методика поверки

340-03-22 МП

2022 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика применяется для поверки установки акустической поверочной ЭСВ-1 (зав. № 01) (далее – установка), используемой в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование | Значение |
|---|-----------|
| Номинальные УЗД, воспроизводимые в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц, дБ отн. 20 мкПа | 94; 114 |
| Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками, дБ | $\pm 0,2$ |
| Коэффициент гармоник воспроизводимого звукового давления в КМО, %, не более | 1 |
| Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения звукового давления (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и 1/2" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками, дБ | $\pm 0,4$ |

Метрологические характеристики установки при применении её в качестве рабочего средства измерений и в качестве рабочего эталона на отличаются.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы звукового давления в воздушной среде в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 ноября 2018 г. № 2537, подтверждающая прослеживаемость к ГПЭ единицы звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал (ГЭТ 19-2018).

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого средства измерений со значением звукового давления, определенного эталоном, метод электростатического возбудителя и метод обработки результатов прямых многократных измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При поверке выполнять операции, представленные в таблице 2.

Таблица 2

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Проведение операции | |
|---|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | при первичной поверке | при периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр | 7 | да | да |
| 2 Подготовка к поверке и опробование | 8 | да | да |
| 3 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | 9 | да | да |

Продолжение таблицы 2

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Проведение операции | |
|--|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | при первичной поверке | при периодической поверке |
| 3.1 Определение номинальных уровней звукового давления (далее – УЗД) и доверительных границ относительной погрешности воспроизведения звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками | 9.1 | да | да |
| 3.2 Определение частоты воспроизводимого звукового давления в КМО | 9.2 | да | да |
| 3.3 Определение коэффициента гармоник воспроизводимого звукового давления в КМО | 9.3 | да | да |
| 3.4 Определение доверительных границ относительной погрешности воспроизведения звукового давления (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и ½" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками | 9.4 | да | да |
| 4 Оформление результатов поверки | 10 | да | да |

2.2 При получении отрицательных результатов поверки по любому пункту таблицы 2 установка бракуется.

2.3 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава установки для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2.4 Поверка установки прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, приведенных в таблице 2, а установку признают не прошедшей поверку.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Поверку проводить в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха..... от 20 до 26 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 65 %;
- атмосферное давление..... от 95 до 107 кПа;
- уровень акустических помех не более 60 дБZ.

При поверке должны соблюдаться указания, приведенные в РЭ на установку.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускается инженерно-технический персонал со средним или высшим техническим образованием, имеющий опыт работы с электротехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и документацией по поверке и имеющий право на поверку (квалифицированный в качестве поверителей).

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательные средства поверки, представленные в таблице 3.

Таблица 3

| <i>Операции поверки, требующие применение средств поверки</i> | <i>Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки</i> | <i>Перечень рекомендуемых средств поверки</i> |
|--|---|---|
| <p>п.9.1 Определение номинальных уровней звукового давления (далее – УЗД) и доверительных границ относительной погрешности воспроизведения звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками</p> | <p>Эталоны единицы звукового давления в воздушной среде – измерители звука, соответствующие требованиям к вторичным эталонам по Государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал (приказ Росстандарта № 2537 от 30.11.2018) (далее – ГПС), пределы допускаемой суммарной относительной погрешности измерений звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц не более $\pm 0,1$ дБ</p> | <p>Государственный вторичный эталон единицы звукового давления в воздушной среде в диапазоне значений от 0,2 до 31,6 Па в диапазоне частот от 2 Гц до 100 кГц 2.1.ZZT.0009.2015 (далее – ВЭТ)</p> |
| <p>п.9.2 Определение частоты воспроизводимого звукового давления в КМО</p> | <p>Микрофон измерительный типоразмера $\frac{1}{2}$" с источником питания, коэффициент нелинейных искажений в диапазоне от 160 до 1250 Гц не более 0,2 %. Измеритель частоты сигнала в диапазоне частот от 160 до 1250 Гц, с относительной погрешностью в пределах $\pm 0,0003$</p> | <p>Микрофон измерительный конденсаторный с капсулем 4133 и усилителем предварительным 2633 (рег. № 15387-96). Усилитель микрофонный 12АА-S2 (рег. № 76634-19)</p> |
| <p>п.9.3 Определение коэффициента гармоник воспроизводимого звукового давления в КМО</p> | <p>Микрофон измерительный типоразмера $\frac{1}{2}$" с источником питания, коэффициент нелинейных искажений в диапазоне от 160 до 1250 Гц не более 0,2 %. Измеритель коэффициента гармоник, диапазон измерений коэффициента гармоник при частоте первой гармоники от 10 Гц до 20 кГц от 0,01 до 50 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента гармоник не более $\pm 0,2$ %</p> | <p>Микрофон измерительный конденсаторный с капсулем 4133 и усилителем предварительным 2633 (рег. № 15387-96). Измеритель коэффициента гармоник СК6-220 (рег. № 65885-16)</p> |

Продолжение таблицы 3

| <i>Операции поверки, требующие применение средств поверки</i> | <i>Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки</i> | <i>Перечень рекомендуемых средств поверки</i> |
|--|--|---|
| п.9.4 Определение доверительных границ относительной погрешности воспроизведения звукового давления (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и ½" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками | Эталоны единицы звукового давления в воздушной среде – измерители звука, соответствующие требованиям к вторичным эталонам по ГПС, пределы допускаемой суммарной относительной погрешности воспроизведения звукового давления (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и ½" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц не более ±0,25 дБ | ВЭТ |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице | | |

5.2 Все средства измерений должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указание мер безопасности» РЭ установки и средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении внешнего осмотра проверить выполнение требований:

- соответствие внешнего вида поверяемой установки её описанию и изображению в описании типа;
- соответствие комплектности поверяемой установки её описанию типа;
- отсутствие на преобразователях, соединительных кабелях и разъемах механических повреждений, влияющих на работу установки;
- наличие обозначения типа и номеров на составных частях установки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполнить следующие операции:

- изучить РЭ на поверяемую установку и используемые средства поверки;
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) необходимые средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

8.2 Опробование

При опробовании проверить:

- работоспособность органов управления;
- работоспособность функций установки в соответствии с РЭ.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение номинальных УЗД и доверительных границ относительной погрешности воспроизведения звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками

9.1.1 Из состава ВЭТ установить капсуль микрофона на предусилитель, предусилитель подключить к блоку питания, затем подать сигнал с выхода блока питания на мультиметр. Установить на мультиметре режим FUNCTION: «АС V», Range «Auto» и дать системе прогреться в течение 10 минут.

Установить калибратор из состава установки на микрофон таким образом, чтобы капсуль микрофона упирался в опорное кольцо гнезда калибратора.

Включить калибратор в режим воспроизведения УЗД $L_{пуст}$ равного 94 дБ отн. 20 мкПа. Зафиксировать показания мультиметра U_i .

Вычислить измеренный УЗД L_{Pi} (дБ отн. 20 мкПа) по формуле (1):

$$L_{Pi} = 20 \lg \frac{U_i}{k P_0}, \quad (1)$$

где U_i – показание мультиметра, В;

k – коэффициент преобразования (чувствительность) микрофона на частоте 1000 Гц, мВ/Па;

$P_0 = 20$ мкПа.

9.1.2 Повторить операции п. 9.1.1 не менее четырёх раз.

Вычислить оценку (среднее арифметическое значение) $L_{ср}$ (дБ отн. 20 мкПа) воспроизводимого УЗД в КМО по формуле (2):

$$L_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{Pi}}{n}, \quad (2)$$

где n – количество измерений.

Отклонение Δ_{Li} (дБ) воспроизводимого УЗД в КМО от номинального вычислить по формуле (3):

$$\Delta_{Li} = L_{пуст} - L_{ср}. \quad (3)$$

9.1.3 Среднее квадратическое отклонение σ_L (дБ) воспроизводимого УЗД в КМО вычислить по формуле (4):

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{Pi} - L_{ср})^2}{n-1}}. \quad (4)$$

Оценку среднего квадратического отклонения S_L (дБ) воспроизводимого УЗД в КМО вычислить по формуле (5):

$$S_L = \frac{\sigma_L}{\sqrt{n}}. \quad (5)$$

Доверительные границы ε_L (дБ) случайной погрешности воспроизведения УЗД (при доверительной вероятности 0,95) вычислить по формуле (6):

$$\varepsilon_L = t \cdot S_L. \quad (6)$$

где t – коэффициент Стьюдента, определить по таблице 4.

Границы неисключённой систематической погрешности (далее – НСП) θ_L (дБ) измерений составляют $\pm 0,1$ дБ (характеристика ВЭТ).

Среднее квадратическое отклонение S_{θ}^L (дБ) НСП вычислить по формуле (6):

$$S_{\theta}^L = \frac{\theta_L}{\sqrt{3}}. \quad (6)$$

Таблица 4

| $n - 1$ | Значение коэффициент Стьюдента t для доверительной вероятности $P=0,95$ |
|---------|---|
| 3 | 3,182 |
| 4 | 2,776 |
| 5 | 2,571 |
| 6 | 2,447 |
| 7 | 2,365 |
| 8 | 2,306 |
| 9 | 2,262 |

Границы неисключённой систематической погрешности (далее – НСП) Θ_L (дБ) измерений составляют $\pm 0,1$ дБ (характеристика ВЭТ).

Среднее квадратическое отклонение S_{Θ}^L (дБ) НСП вычислить по формуле (6):

$$S_{\Theta}^L = \frac{\Theta_L}{\sqrt{3}}. \quad (6)$$

Суммарное среднее квадратическое отклонение S_{Σ}^L (дБ) воспроизведения УЗД в КМО вычислить по формуле (7):

$$S_{\Sigma}^L = \sqrt{S_{\Theta}^{L^2} + S_L^2}. \quad (7)$$

Максимальная ожидаемая нестабильность ν_L (дБ) воспроизведения УЗД в КМО за интервал между поверками составляет 0,06 дБ.

Доверительные границы δ_L (дБ) относительной погрешности воспроизведения звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками, вычислить по формуле (8):

$$\delta_L = K_L \cdot S_{\Sigma}^L + \nu_L, \quad (8)$$

где коэффициент $K_L = \frac{\varepsilon_L + \Theta_L}{S_L + S_{\Theta}^L}$.

9.1.4 Повторить операции пп. 9.1.1–9.1.3 для режима воспроизведения УЗД $L_{P_{уст}}$ равного 114 дБ отн. 20 мкПа.

9.1.5 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы относительной погрешности воспроизведения звукового давления в КМО на частоте (1000 ± 1) Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками δ_L находятся в пределах $\pm 0,2$ дБ.

9.2 Определение частоты воспроизводимого звукового давления в КМО

9.2.1 Установить калибратор из состава установки на микрофон из состава ВЭТ таким образом, чтобы капсуль микрофона упирался в опорное кольцо гнезда калибратора. Выход блока питания подключить к входу мультиметра.

Установить на мультиметре режим измерения частоты напряжения переменного тока и режим автоматического выбора диапазона.

9.2.2 Включить калибратор в режим воспроизведения УЗД «94 дБ».

Через 30 с после включения калибратора, с помощью мультиметра измерить частоту сигнала $f_{изм}$ (Гц).

Рассчитать значение относительной погрешности δ_f частоты воспроизводимого звукового давления по формуле (9):

$$\delta_f = \frac{f_{изм} - f_0}{f_0}, \quad (9)$$

где f_0 – частота, равная 1000 Гц.

9.2.3 Повторить операции п. 9.2.2 в режиме «114 дБ».

9.2.4 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности частоты воспроизводимого звукового давления δ_f находятся в пределах $\pm 0,001$.

9.3 Определение коэффициента гармоник воспроизводимого звукового давления в КМО

9.3.1 Подключить микрофон из состава ВЭТ к измерителю коэффициента гармоник. Установить калибратор из состава установки на микрофон таким образом, чтобы капсюль микрофона упирался в опорное кольцо гнезда калибратора.

9.3.2 Включить калибратор в режим воспроизведения УЗД «94 дБ».

Через 30 с после включения калибратора провести измерение коэффициента гармоник.

9.3.3 Повторить операции п. 9.3.2 в режиме «114 дБ».

9.3.4 Результаты поверки считать положительными, если коэффициент гармоник воспроизводимого звукового давления в КМО не превышает 1 %.

9.4 Определение доверительных границ относительной погрешности воспроизведения звукового давления (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и 1/2" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками

9.4.1 С использованием электростатического возбудителя UA0033 из состава установки, на номинальных центральных частотах третьоктавных полос в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц определить относительную частотную характеристику чувствительности $M_{эсв}(f)$ (дБ относительно значения чувствительности на частоте 250 Гц) для капсюля микрофонного типоразмера 1/2" из состава ВЭТ.

С использованием электростатического возбудителя UA0023 из состава установки, на номинальных центральных частотах третьоктавных полос в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц определить относительную частотную характеристику чувствительности $M_{эсв}(f)$ для капсюля микрофонного типоразмера 1" из состава ВЭТ.

9.4.2 Рассчитать поправки $\Delta(f)$ (дБ) для UA0033 и UA0023 из состава установки по формуле (10):

$$\Delta(f) = M_{вэ\tau}(f) - M_{эсв}(f), \quad (10)$$

где $M_{вэ\tau}(f)$ – относительная частотная характеристика чувствительности капсюля микрофонного, определённая с помощью ВЭТ.

9.4.3 Повторить операции п. 9.4.1 с учётом поправок $\Delta(f)$ не менее четырёх раз.

9.4.4 Для каждого типа капсюлей микрофонных вычислить оценку (среднее арифметическое значение) $M_{ср}(f)$ (дБ относительно чувствительности на частоте 250 Гц) результатов измерений по формуле (11):

$$M_{ср}(f) = \frac{\sum_{i=1}^n M_{эсв}(f)}{n}, \quad (11)$$

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение σ_M (дБ) результатов измерений вычислить по формуле (12):

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{эсвi} - M_{срi})^2}{n-1}}, \quad (12)$$

где $M_{эсвi}$ – относительная чувствительность капсюля микрофонного для i -ой частоты; $M_{срi}$ – среднее арифметическое значение относительной чувствительности капсюля микрофонного для i -ой частоты.

Оценку среднего квадратического отклонения S_M (дБ) результатов измерений вычислить по формуле (13):

$$S_{\bar{M}} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{n}}. \quad (13)$$

Доверительные границы ε_M (дБ) случайной погрешности результатов измерений (при доверительной вероятности 0,95) вычислить по формуле (14):

$$\varepsilon_M = t \cdot S_{\bar{M}}, \quad (14)$$

где t – коэффициент Стьюдента, определить по таблице 4.

Границы НСП Θ_M (дБ) составляют $\pm 0,25$ дБ (характеристика ВЭТ).

Среднее квадратическое отклонение S_{Θ}^M (дБ) НСП вычислить по формуле (15):

$$S_{\Theta}^M = \frac{\Theta_M}{\sqrt{3}}. \quad (15)$$

Суммарное среднее квадратическое отклонение S_{Σ}^M (дБ) воспроизведения звукового давления на мембране микрофонов вычислить по формуле (16):

$$S_{\Sigma}^M = \sqrt{S_{\Theta}^{M^2} + S_{\bar{M}}^2}. \quad (16)$$

Максимальная ожидаемая нестабильность ν_M (дБ) относительной погрешности воспроизведения звукового давления за интервал между поверками составляет 0,1 дБ.

Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения звукового давления δ_M (дБ) (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и 1/2" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками, вычислить по формуле (17):

$$\delta_M = K_M \cdot S_{\Sigma}^M + \nu_M, \quad (17)$$

где коэффициент $K_M = \frac{\varepsilon_M + \Theta_M}{S_{\bar{M}} + S_{\Theta}^M}$.

9.4.5 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы относительной погрешности воспроизведения звукового давления δ_M (имитация методом электростатического возбудителя) на мембране микрофонов типоразмера 1" и 1/2" в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц (при доверительной вероятности 0,95), включая нестабильность за интервал между поверками, находятся в пределах $\pm 0,4$ дБ.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки установки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства средств измерений. По заявлению владельца установки или лица, представившего его на поверку, на установку выдается свидетельство о поверке средства измерений установленной формы, и (или) в паспорт установки вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению установки в случае отрицательных результатов поверки с указанием причин забракования.

Начальник отдела 340
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.С. Николаенко