

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие

РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц
RA.RU.314755

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232
E-mail: nio30@olit.vniief.ru

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ЦИ СИ,
главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –
начальник НИО

В.К. Дарымов



«08» 11 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

КАЛИБРАТОРЫ СОХ

Методика поверки

МП А3009.0553-2024

г. Саров
2024 г.

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки.....	4
3	Требования к условиям проведения поверки	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр	6
8	Подготовка к поверке и опробование.....	6
9	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	6
10	Оформление результатов поверки.....	11
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП.....	12
	Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений	13
	Приложение В (справочное) Требования к дополнительной нагрузке (переходникам).....	14

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на калибраторы S0X (далее по тексту – калибратор).

Калибраторы предназначены для воспроизведения величины виброускорения при проведении поверки (калибровки) вибропреобразователей (акселерометров) и виброизмерительной аппаратуры в лабораторных и полевых условиях.

Калибраторы могут использоваться в качестве рабочего эталона 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 (далее по тексту – ГПС).

Калибратор имеет модификации S02, S03, S04. Модификации различаются значением частоты и амплитуды ускорения воспроизводимых колебаний. Модификации S02 и S04 имеют встроенный дисплей.

1.2 При определении метрологических характеристик в соответствии с данной МП обеспечивается прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 58-2018, в соответствии с ГПС.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок калибраторов методом прямых измерений в соответствии с ГПС.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Номинальное значение частоты воспроизводимых колебаний, Гц: - для S02 - для S03 - для S04	39,8; 79,6; 159,2; 636,6 40 79,6; 159,2
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты воспроизводимых колебаний, %	±1
Номинальное СКЗ ускорения воспроизводимых колебаний, м/с ² : - для S02: - для частот 39,8; 79,6; 159,2 Гц - для частоты 636,6 Гц - для S03 - для S04	от 1 до 10 1 2,5 от 1 до 10
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения СКЗ ускорения, %: - для S02, S03 - для S04	±2 ±3
Относительный коэффициент поперечных колебаний, %, не более: - для S02, S04 - для S03	5 7
Коэффициент гармоник воспроизводимых колебаний, %, не более: - для S02, S04 - для S03	3 5

Первичной поверке калибраторы подвергаются при выпуске из производства. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

Методика поверки допускает возможность проверки калибраторов на меньшем числе поддиапазонов СКЗ ускорения и частот с указанием объема поверки в свидетельстве о поверке на основании письменного заявления владельца СИ.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении А. Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки, должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 10.4.

Таблица 2 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9	Да	Да
Определение номинального значения и относительной погрешности частоты, номинального СКЗ ускорения и коэффициента гармоник воспроизведимых колебаний	9.1	Да	Да
Определение относительного коэффициента поперечных колебаний	9.2	Да	Да
Определение относительной погрешности воспроизведения СКЗ ускорения	9.3	Да	Да
Подтверждение соответствия требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2-го разряда	9.4	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °C;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети от 207 до 253 В;
- частота питающей сети от 49,5 до 50,5 Гц.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, изучивший ЭД на акселерометр, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 3.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 3.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поврежемому СИ.

5.3 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и/или зарегистрированы в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 3 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1.2	СИ температуры окружающего воздуха в диапазоне от 15 °C до 25 °C, абсолютная погрешность измерений в пределах ± 1 °C	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)
	СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 до 80 %, относительная погрешность измерений в пределах ± 3 %	
	СИ атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, абсолютная погрешность измерений в пределах $\pm 0,5$ кПа	
	СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 207 до 253 В, относительная погрешность измерений в пределах ± 1 %	
	СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49 до 50 Гц, абсолютная погрешность измерений в пределах $\pm 0,1$ Гц	
9.1, 9.2	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с ГПС ¹⁾ в диапазоне от 10 до 1000 Гц и амплитуд от 0,1 до 100 м/с ²	Преобразователь пьезоэлектрический 8305 (рег. № 8513-81), усилитель измерительный «NEXUS» модель 2692 (рег. № 43778-10)
9.1, 9.2	СИ напряжения переменного тока в диапазоне от 20 до 1000 Гц и амплитуд от 0,01 до 10 В	Мультиметр цифровой 34410А (рег. № 47717-11)
9.1	СИ нелинейных искажений в диапазоне от 0,1 до 50 % и диапазоне частот от 20 до 1000 Гц	Измеритель нелинейных искажений АКИП-4501 (рег. № 68366-17)

¹⁾ - приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии» и «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на калибратор, средства поверки и испытательное оборудование.

Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- целостность корпуса, состояние посадочных поверхностей (отсутствие вмятин, царапин, задиров, повреждений резьбы);
- отсутствие повреждений соединительных жгутов и разъёмов.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов поверку не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, калибратор бракуют.

8 Подготовка к поверке и опробование

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более 10 °С необходимо выдержать полученный со склада калибратор не менее двух часов в нормальных условиях.

8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки применяемых СИ, включённые в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.2 Опробование

8.2.1 Включают калибратор в соответствии с ЭД. При этом должен загореться индикатор включения.

8.2.2 Калибратор считают прошедшим опробование с положительным результатом, если гул вибростенда равномерный без металлического дребезга.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

9.1 Определение номинального значения и относительной погрешности частоты, номинального СКЗ ускорения и коэффициента гармоник воспроизводимых колебаний

9.1.1 Собирают схему измерений согласно рисунку 1 без дополнительной массы. В качестве регистратора к выходу согласующего усилителя подсоединяют мультиметр и измеритель нелинейных искажений. Включают и прогревают измерительные приборы согласно РЭ на них

9.1.2. Включают калибратор S03, при этом должен загореться светодиодный индикатор включения. С помощью эталонного канала проводят не менее трех измерений частоты $F_{изм.i}$, Гц, коэффициента гармоник K_e , %, и СКЗ ускорения $A_{изм}$, м/с², воспроизводимых колебаний.

Примечание – В качестве частотомера применяют мультиметр в режиме измерения частоты.



1 – калибратор;

2 – дополнительная нагрузка стола калибратора (переходник). Общая масса дополнительной нагрузки и эталонного ВИП не должна превышать предельных значений для калибратора: 200 г для S02, 250 г для S03, 300 г для S04;

3 – эталонный ВИП 1-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772;

4 – усилитель измерительный;

5 – регистратор (вольтметр, частотометр, измеритель нелинейных искажений)

Рисунок 1 – Схема измерений

9.1.3 Для калибратора S02 (S04) задают на базовой частоте 159,2 Гц первое рекомендуемое значение СКЗ ускорения A_{mpi} , м/с², из таблицы 4. С помощью эталонного канала проводят не менее трех измерений частоты $F_{izm.i}$, Гц, коэффициента гармоник K_e , %, и СКЗ ускорения A_{izm} , м/с², воспроизводимых колебаний.

9.1.4 Вычисляют среднее арифметическое значение каждой измеренной величины по формуле

$$N_{cp.} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_{izm.i}, \quad (1)$$

где $N_{izm.i}$ – значение измеренного параметра воспроизводимых колебаний; n – количество измерений.

Вычисленные значения заносят в таблицу 4.

Таблица 4

A_{mpi} , м/с ²	1,00	2,00	3,00	5,00	7,00	9,00	10,00
$A_{izm,ср.i}$, м/с ²							
$F_{cp.i}$, Гц							
K_e , %							
δ_{Fi} , %							
δ_{AOi} , %							

9.1.5 Относительную погрешность воспроизведения частоты δ_{Fi} , %, и отклонение от номинального значения СКЗ ускорения δ_{AOi} , %, рассчитывают по формулам (2) и (3) соответственно

$$\delta_F = \frac{F_{cp.i} - F_{ycm.i}}{F_{ycm.i}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $F_{cp.i}$ – i -е среднее арифметическое значение измеренной частоты, Гц;
 $F_{ycm.i}$ – установленное значение частоты воспроизведимых колебаний, Гц;

$$\delta_{AOi} = \frac{A_{izm.cp.i} - A_{ycm.i}}{A_{ycm.i}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $A_{izm.cp.i}$ – i -е среднее арифметическое значение измеренного СКЗ ускорения, $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$;
 $A_{ycm.i}$ – установленное СКЗ ускорения воспроизведимых колебаний, $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$;

9.1.6 Повторяют измерения по 9.1.3 ÷ 9.1.5 для всех рекомендуемых значений СКЗ ускорения $A_{mp,i}$, $\text{м}/\text{с}^2$, из таблицы 4.

9.1.7 Повторяют измерения по 9.1.3 ÷ 9.1.6 для всех частот, воспроизведенных калибратором.

Для калибратора S02 на частоте 636,6 Гц измерения проводятся при СКЗ ускорения 1 $\text{м}/\text{с}^2$.

9.1.8 Устанавливают дополнительную нагрузку (2) и повторяют измерения по 9.1.2 ÷ 9.1.7. Требования к дополнительной нагрузке (переходникам) приведены в приложении В.

Примечания:

1 Масса дополнительной нагрузки может быть установлена заказчиком. При этом общая нагрузка на стол не должна превышать предельных значений для калибратора: 200 г для S02, 250 г для S03, 300 г для S04.

2 При периодической поверке допускается измерения с дополнительной нагрузкой не проводить.

9.1.9 Калибратор считают прошедшим поверку с положительным результатом, если:

а) номинальное значение частоты воспроизведенных колебаний составляет:

- 39,8; 79,6; 159,2; 636,6 Гц для S02;
- 40,0 Гц для S03;
- 79,6; 159,2 для S04;

б) относительная погрешность частоты воспроизведенных колебаний находится в пределах $\pm 1\%$;

в) номинальное СКЗ ускорения воспроизведенных колебаний составляет:

- для S02:
 - от 1 до 10 $\text{м}/\text{с}^2$ для частот 39,8; 79,6; 159,2 Гц;
 - 1 $\text{м}/\text{с}^2$ для частоты 636,6 Гц;
- 2,5 $\text{м}/\text{с}^2$ для S03;
- от 1 до 10 $\text{м}/\text{с}^2$ для S04;

г) коэффициент гармоник воспроизведенных колебаний составляет:

- не более 3 % для S02, S04;
- не более 5 % для S03.

9.2 Определение относительного коэффициента поперечных колебаний

9.2.1 Определение коэффициента поперечных составляющих воспроизведенных колебаний выполняется по схеме, приведенной на рисунке 1.

Собирают схему измерений согласно рисунку 1 без дополнительной массы, в качестве регистратора подсоединяют вольтметр. Включают и прогревают измерительные приборы согласно РЭ на них.

9.2.2 Включают калибратор и фиксируют показания вольтметра U_z , мВ. Для калибратора S02 (S04) измерения проводят на базовой частоте 159,2 Гц при СКЗ ускорения 5 м/с².

9.2.3 Закрепляют эталонный ВИП так, чтобы его ось чувствительности была перпендикулярна направлению действия вибрации. Включают калибратор, фиксируют показания вольтметра U_x , мВ.

9.2.4 Закрепляют эталонный ВИП под углом 90° по отношению к закреплению по 9.2.3 так, чтобы его ось чувствительности была перпендикулярна направлению действия вибрации. Включают калибратор и фиксируют показания вольтметра U_y , мВ.

9.2.5 Рассчитывают коэффициент поперечных составляющих СКЗ ускорения воспроизводимых колебаний A_{\perp} , %, по формуле

$$A_{\perp} = \frac{\sqrt{U_x^2 + U_y^2}}{U_z} \cdot 100. \quad (4)$$

9.2.6 Повторяют испытания по 9.2.2 ÷ 9.2.5 с дополнительной нагрузкой стола калибратора.

9.2.7 Калибратор считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительный коэффициент поперечных колебаний составляет:

- не более 5 % для S02, S04;
- не более 7 % для S03.

9.3 Определение основной относительной погрешности воспроизведения СКЗ ускорения

9.3.1 Определение основной относительной погрешности воспроизведения СКЗ ускорения проводят по формуле

$$\delta_A = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{AO}^2 + \delta_e^2 + \delta_n^2 + \delta_3^2 + \delta_V^2}, \quad (5)$$

где 1,1 – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью 0,95;

δ_{AO} – отклонение от номинального значения СКЗ ускорения воспроизводимых колебаний по 9.1;

δ_e – погрешность воспроизведения от наличия высших гармоник, определяемая в процентах при измерении СКЗ ускорения по формуле

$$\delta_e = (\sqrt{1+K_{e,k}^2} - 1) \cdot 100, \quad (6)$$

где $K_{e.k.}$ – значение коэффициента гармоник по 9.1, выраженное в относительных единицах;

δ_n – дополнительная погрешность воспроизведения от наличия поперечных составляющих, определяемая в процентах по формуле

$$\delta_n = A_{\perp} \cdot K_{on}, \quad (7)$$

где A_{\perp} – значение коэффициента поперечных составляющих по 9.2;

K_{on} – относительный коэффициент поперечного преобразования встроенного датчика обратной связи, выраженный в относительных единицах, $K_{on} \leq 0,03$;

δ_3 – погрешность определения коэффициента преобразования эталонного канала 1-го разряда на базовой частоте, $\delta_3 \leq 0,5 \%$;

δ_V – погрешность измерений напряжения переменного тока вольтметром (для 34401А $\delta_V \leq 0,2 \%$).

9.3.2 Калибратор считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительная погрешность воспроизведения СКЗ ускорения находится в пределах:

- $\pm 2 \%$ для S02, S04;

- $\pm 3 \%$ для S03.

9.4 Подтверждение соответствия требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2-го разряда

9.4.1 Критерием принятия решения по подтверждению калибратора обязательным требованиям к рабочим эталонам 2 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018, является:

- выполнение всех операций поверки с положительным результатом;
- применение при поверке эталонов соответствующего разряда по требованию ГПС;
- соответствие метрологических характеристик калибратора требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2 разряда по ГПС.

9.4.2 Результаты выполнения операции подтверждения соответствия требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2-го разряда, считаются положительными, если измеренные значения метрологических характеристик находятся в пределах, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение
Коэффициент гармоник воспроизводимых колебаний, %	≤ 7
Относительный коэффициент поперечных колебаний, %	≤ 7
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения, %	≤ 3

где $K_{\text{г.к.}}$ – значение коэффициента гармоник по 9.1, выраженное в относительных единицах;

δ_n – дополнительная погрешность воспроизведения от наличия поперечных составляющих, определяемая в процентах по формуле

$$\delta_n = A_{\perp} K_{on}, \quad (7)$$

где A_{\perp} – значение коэффициента поперечных составляющих по 9.2;

K_{on} – относительный коэффициент поперечного преобразования встроенного датчика обратной связи, выраженный в относительных единицах, $K_{on} \leq 0,03$;

δ_3 – погрешность определения коэффициента преобразования эталонного канала 1-го разряда на базовой частоте, $\delta_3 \leq 0,5 \%$;

δ_V – погрешность измерений напряжения переменного тока вольтметром (для 34401А $\delta_V \leq 0,2 \%$).

9.3.2 Калибратор считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительная погрешность воспроизведения СКЗ ускорения находится в пределах:

- $\pm 2 \%$ для S02, S04;

- $\pm 3 \%$ для S03.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

10.2 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке.

При необходимости проводят пломбирование калибратора.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

10.4 СИ, не прошедшее поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Главный метролог
ООО «ГТЛАБ»


А.А. Симчук

Ведущий инженер-исследователь
ЦИ СИ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»


Д.В. Зверев

**Приложение А
(справочное)**

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
Приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772	Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (утверждены приказом Минэнерго РФ от 12.08.2022 г. № 811)
	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)

Приложение Б
(справочное)
Перечень принятых сокращений

ГПС – Государственная поверочная схема;

МП – методика поверки;

СИ – средство(а) измерений;

СКЗ – среднее квадратическое значение;

ЭД – эксплуатационная документация.

Приложение В (справочное)

Требования к дополнительной нагрузке (переходникам)

В.1 Конструкцией переходника должно быть обеспечено минимальное расстояние между поверхностью стола калибратора и поверяемым ВИП.

В.2 Резьбовые крепления ВИП и переходника должны быть выполнены по отношению к посадочным плоскостям под углом $(90 \pm 0,5)^\circ$.

В.3 Параметр шероховатости R_a контактирующих поверхностей переходника не более 0,63 мкм.

Отклонение от плоскости контактирующих поверхностей переходника должно быть не более 0,01 мм.