

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



«01» 09 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АКСЕЛЕРОМЕТРЫ 1С208НА-10

Методика поверки

МП А3009.0593-2025

г. Саров
2025 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 средства измерений метрологическим требованиям..... | 7 |
| 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 |

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на акселерометры 1С208НА-10.

Акселерометры 1С208НА-10 (далее по тексту – акселерометр) предназначены для измерений ускорения.

Принцип действия акселерометров основан на прямом пьезоэлектрическом эффекте, заключающемся в генерации электрического сигнала, пропорционального воздействию ускорению.

Конструктивно акселерометр представляет собой пьезокристаллический чувствительный элемент, инерционную массу, сигнальные выводы, заключённые в металлический корпус и встроенный кабельный вывод.

Прослеживаемость при поверке акселерометров обеспечивается в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772, к государственному первичному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок акселерометров методом прямых измерений в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772.

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

МП не предусматривает проверку акселерометров в сокращенном объеме.

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 1.

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

Таблица 1 – 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 действительного значения коэффициента преобразования | 9.1 | Да | Да |
| Определение амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики | 9.2 | Да | Нет |
| Определение диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики | 9.3 | Да | Да |
| Определение частоты установочного резонанса | 9.4 | Да | Нет |
| Определение относительного коэффициента поперечного преобразования | 9.5 | Да | Нет |
| Определение основной относительной погрешности при измерении ускорения | 9.6 | Да | Да |

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.).

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 2.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

5.2 Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, СИ утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

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 2 – 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 °С до 25 °С, абсолютная погрешность измерений в пределах ± 1 °С СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 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 | Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13) |
| 8.2.1 | СИ электрического сопротивления в диапазоне от 500 до 10^9 Ом, относительная погрешность измерений в пределах ± 10 % | Мегомметр Е6-17 (рег. № 4952-75) |
| 8.2.2 | СИ электрической емкости в диапазоне от 10 до 10000 пФ, относительная погрешность измерений в пределах ± 3 % | Измеритель RLC LCR-7819 (рег. № 53914-13) |
| 8.2.3, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5 | Рабочий эталон 2-го разряда с ГПС ¹⁾ в диапазоне частот от 0,1 до 20000 Гц и амплитуд ускорения от 0,1 до 400 м/с ² , относительная погрешность измерений на опорной частоте в пределах $\pm 1,0$ % | Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей модели 9155 (рег. № 68875-17) |
| 9.2 | Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с ГПС ²⁾ в диапазоне от 200 до 98000 м/с ² , относительная погрешность измерений в пределах $\pm 2,5$ % | Установка для калибровки акселерометров ударом модели K9525C (рег. № 45462-10) |
| ¹⁾ - приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772; ²⁾ - приказ Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537 | | |

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» 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 акселерометр, 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 акселерометра;
- состояние посадочных поверхностей (отсутствие вмятин, царапин, задиров посадочных поверхностей);
- отсутствие повреждений соединительных жгутов и разъемов.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов испытания не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, акселерометр 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 акселерометр не менее двух часов в нормальных условиях.

8.1.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.1.3 Перед проведением измерений снимают статический разряд с поверяемого акселерометра путем короткого замыкания сигнальных контактов (выводов) соединительного кабеля с корпусом соединителя.

8.2 Опробование

8.2.1 Проверка электрического сопротивления

8.2.1.1 Проверку электрического сопротивления между сигнальными выводами акселерометра проводят мегомметром Е6-17 при испытательном напряжении 100 В.

Примечание – электрическая схема и обозначение выводов в соответствии с паспортом на поверяемый акселерометр.

8.2.1.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если электрическое сопротивление изоляции между сигнальными выводами составляет не менее 20 МОм.

8.2.2 Проверка электрической ёмкости

8.2.2.1 Электрическую емкость измеряют с помощью измерителя любого типа, например, LCR-7819, подключаемого к соединителю акселерометра через ответную часть соединителя при испытательном напряжении не более 10 В.

8.2.2.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если электрическая ёмкость составляет не менее 200 пФ.

8.2.3 Проверка работоспособности

8.2.3.1 Проверку проводят на установке вибрационной поверочной. Акселерометр устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник. Рабочая ось испытуемого акселерометра должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя. Включают и прогревают измерительные приборы в соответствии с ЭД на них.

8.2.3.2 Воспроизводят на частоте (200 ± 2) Гц уровень СКЗ виброускорения не менее 10 м/с^2 .

8.2.3.3 Акселерометр считают работоспособным, если уровень выходного сигнала превышает уровень помех не менее чем в 10 раз (20 дБ).

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования

9.1.1 Определение коэффициента преобразования проводят на установке вибрационной поверочной. Акселерометр устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник. Рабочая ось испытуемого акселерометра должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя. Задают колебания на базовой частоте (200 ± 1) Гц с ускорением не менее 10 м/с^2 и измеряют выходной сигнал испытуемого и эталонного каналов.

Коэффициент преобразования K , пКл/(м·с⁻²), определяют по формуле

$$K = \frac{U}{A_0 \cdot K_{yc}}, \quad (1)$$

где U – величина выходного напряжения испытуемого канала, мВ;

A_0 – величина воздействующего ускорения, измеренная по эталонному каналу, м/с²;

K_{yc} – коэффициент усиления усилителя проверяемого акселерометра, мВ/пКл.

9.1.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если действительный коэффициент преобразования находится в пределах $\pm 20 \%$ от номинального значения.

9.2 Определение амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики

9.2.1 Определение амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики проводят в соответствии с 10.14 ГОСТ Р 8.669. Измерения проводятся на базовой частоте (200 ± 1) Гц при не менее, чем пяти значениях ускорения, одно из которых должно равняться максимально допустимому значению для испытуемой модификации акселерометра, другое минимальному значению. При ускорениях свыше 300 м/с^2 рекомендуется использовать ударную установку, например, установку К9525С.

На вибростенде задают ускорения, соответствующие измеряемому диапазону, и снимают показания измеряемого и эталонного каналов.

При каждом значении ускорения определяют коэффициент преобразования акселерометра $K_{np.i}$, пКл/(м·с⁻²), по формуле (1).

9.2.2 Нелинейность амплитудной характеристики δ_{AX} , %, определяют по формуле

$$\delta_{AX} = \frac{K_{np.i} - K_{cp}}{K_{cp}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $K_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{np.i}}{n};$

n – число измерений.

9.2.3 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если нелинейность амплитудной характеристики находится в пределах ± 4 %.

9.3 Определение диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики

9.3.1 Определение диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики проводят в соответствии с 10.13 ГОСТ Р 8.669.

На вибростенде на базовой частоте (200 ± 1) Гц воспроизводят виброускорение амплитудой не менее 10 м/с^2 . При неизменной величине ускорения снимают показания выходного напряжения с вольтметра испытуемого акселерометра на рекомендуемых частотах (количество частот должно быть не менее десяти): 2; 5; 8; 10; 12,5; 20; 40; 80; 125; 200; 315; 400; 500; 600; 800; 1000; 1600; 2000; 3000 Гц.

Применение согласующего усилителя, имеющий симметричный вход для подключения зарядовых промышленных акселерометров (например, AP5110, A124, A125 и т.д.), на частотах ниже 20 Гц является обязательным условием.

Неравномерность частотной характеристики испытуемого акселерометра γ_i , %, определяют по формуле

$$\gamma_i = \frac{U_i - U_{200}}{U_{200}} \cdot 100, \quad (3)$$

где U_i – величина выходного напряжения акселерометра при i -том фиксированном значении частоты, мВ;

U_{200} – величина выходного напряжения акселерометра на базовой частоте 200 Гц, мВ.

9.3.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если неравномерность частотной характеристики относительно значения на базовой частоте 200 Гц находится в пределах $\pm 12,5$ % в диапазоне частот от 2 до 3000 Гц.

9.4 Определение частоты установочного резонанса

9.4.1 Определение частоты установочного резонанса в осевом направлении проводят на установке вибрационной поверочной в соответствии с 10.15.1 ГОСТ Р 8.669.

Примечание – Допускается проверку частоты установочного резонанса проводить при определении неравномерности частотной характеристики по 9.3.

9.4.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если частота установочного резонанса в осевом направлении составляет не менее 9 кГц.

9.5 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

9.5.1 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования проводят в соответствии с 10.12 ГОСТ Р 8.669. Измерения проводят на установке вибрационной поверочной. Сначала испытуемый акселерометр закрепляют на вибростенде при помощи специального переходника таким образом, чтобы его ось чувствительности была перпендикулярна действию вибрации.

На вибростенде задают вибрацию с ускорением не менее 10 м/с^2 на базовой частоте $(200 \pm 1) \text{ Гц}$.

Контроль уровня вибрации проводят по эталонному каналу. Снимают показания $U_{\text{попер}}$, мВ, при различных положениях акселерометра, соответствующих его повороту вокруг рабочей оси на 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330°. Определяют максимальное значение. Затем акселерометр закрепляют таким образом, чтобы его ось чувствительности совпала с направлением действия вибрации. Снимают показания $U_{\text{осев}}$, мВ, при тех же значениях частоты и амплитуды ускорения.

Относительный коэффициент поперечного преобразования $K_{\text{уп}}$, %, определяют по формуле

$$K_{\text{уп}} = \frac{U_{\text{попер. макс.}}}{U_{\text{осев}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где $U_{\text{попер. макс.}}$ – максимальное значение напряжения проверяемого акселерометра при поперечном воздействии, мВ;

$U_{\text{осев}}$ – значение напряжения проверяемого акселерометра при осевом воздействии, мВ.

9.5.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если относительный коэффициент поперечного преобразования составляет не более 5 %.

9.6 Определение основной относительной погрешности при измерении ускорения

9.6.1 Определение основной относительной погрешности акселерометра δ , %, при измерении виброускорения проводят по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_O^2 + \delta_{\Pi}^2 + \delta_{\text{кг}}^2 + \delta_{\text{н}}^2 + \gamma_{\text{чх}}^2 + \delta_{\text{ах}}^2}, \quad (5)$$

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

δ_O – погрешность эталонного средства измерений (из описания на поверочную виброустановку), %;

δ_{Π} – погрешность, вызванная наличием поперечного движения вибростола поверочной виброустановки, %, определяемая по формуле

$$\delta_{\Pi} = \frac{K_{ПВС} \cdot K_{ВИП}}{100}, \quad (6)$$

где $K_{ПВС}$ – коэффициент поперечного движения вибростола поверочной виброустановки (из описания на поверочную виброустановку), %;

$K_{ВИП}$ – относительный коэффициент поперечного преобразования поверяемого акселерометра по 9.5, %;

$\delta_{КГ}$ – погрешность, вызванная наличием высших гармонических составляющих в законе движения вибростола поверочной виброустановки, %, определяемая по формуле

$$\delta_{КГ} = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{K_{г.к.}}{100} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100, \quad (7)$$

где $K_{г.к.}$ – значение коэффициента гармоник в законе движения вибростола поверочной виброустановки (из описания на поверочную виброустановку), %;

$\delta_{И}$ – погрешность измерений выходного напряжения акселерометра (определяется классом точности применяемого регистратора и согласующего усилителя), %;

$\gamma_{ЧХ}$ – неравномерность частотной характеристики по 9.3, %;

$\delta_{АХ}$ – нелинейность амплитудной характеристики по 9.2, %.

Примечания:

1 При проведении периодической поверки значения относительного коэффициента поперечного преобразования $K_{ВИП}$, %, и нелинейности амплитудной характеристики $\delta_{АХ}$, %, определяются по паспортным данным.

2 Допускается указывать основную относительную погрешность акселерометра при измерении виброускорения в нескольких, оговорённых в заявке на поверку, частотных и амплитудных диапазонах в границах рабочего диапазона поверяемого акселерометра.

9.6.2 Акселерометр считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная относительная погрешность при измерении ускорения находится в пределах ± 15 %.

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.

Пломбирование акселерометра не предусмотрено.

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 |
| ГОСТ Р 8.669-2009 | ГСИ. Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихретоковыми преобразователями. Методика поверки |
| Приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 | Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения |
| Приказ Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537 | Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении |
| | Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6) |
| | 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.