

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

«23» 03 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АКСЕЛЕРОМЕТРЫ 1С212НА-15

Методика поверки

МП А3009.0605-2026

г. Саров
2026 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	12

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на акселерометры 1С212НА-15.

Акселерометры 1С212НА-15 (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 алюминиевый корпус и встроенный кабельный вывод. Чувствительный элемент электрически изолирован от корпуса.

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.

Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

МП не предусматривает проверку акселерометров в сокращённом объёме.

Условные обозначения и сокращения, принятые в тексте МП:

- ГПС – государственная поверочная схема;
- МП – методика поверки;
- ОТ – описание типа;
- СИ – средство(а) измерений;
- СКЗ – среднее квадратическое значение;
- ЭД – эксплуатационная документация.

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 нелинейности амплитудной характеристики	9.2	Да	Нет
Определение 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
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9.7	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 %.

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, поверенные и удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

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	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)
	СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 %, относительная погрешность измерений в пределах ± 3 %	
8.2.1	СИ электрического сопротивления в диапазоне от 500 до 10^9 Ом, относительная погрешность измерений в пределах ± 20 %	Мегомметр Е6-17 (рег. № 4952-75)
8.2.2	СИ электрической емкости в диапазоне от 10 до 10000 пФ, относительная погрешность измерений в пределах ± 5 %	Измеритель RLC LCR-7819 (рег. № 53914-13)
8.2.3, 9.1, 9.2, 9.3, 9.5	Виброустановка поверочная – 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 $\pm 2,0$ %	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей модели 9155 (рег. № 68875-17)
9.2	Ударная установка в диапазоне от 200 до 98000 м/с ² , относительная погрешность измерений в пределах $\pm 5,0$ %	Установка для калибровки акселерометров ударом модели K9525C ²⁾ (рег. № 45462-10)
9.4	Рабочий диапазон частот от 10 до 100000 Гц, относительная погрешность измерений на опорной частоте в пределах ± 1 %	Усилитель измерительный «NEXUS» 2692 ²⁾ (рег. № 43778-10)
	Рабочий диапазон частот от 10 до 100000 Гц, относительная погрешность измерений в пределах ± 3 %	Осциллограф цифровой TDS2024B ²⁾ (рег. № 32618-06)
	Рабочий диапазон частот от 20 до 100 кГц	Устройство AP1797 ²⁾
¹⁾ - приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772; ²⁾ - только для первичной поверки		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

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

Средства поверки и вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, если это предусмотрено ЭД.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие внешнего вида и маркировки изделия требованиям ОТ;
- 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 поверку 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 Для СИ, применяемых при поверке, проверяют наличие действующих записей сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и/или 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, а также между сигнальными выводами, соединенными вместе, и корпусом акселерометра, проводят мегомметром любого типа 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, а также между сигнальными выводами, соединенными вместе, и корпусом акселерометра, составляет не менее 1000 МОм.

8.2.2 Проверка электрической ёмкости

8.2.2.1 Электрическую емкость измеряют с помощью измерителя любого типа, 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 1000 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 (при необходимости). Рабочая ось поверяемого 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 160 Гц уровень СКЗ виброускорения $0,5 \text{ м/с}^2$. Фиксируют уровень сигнала поверяемого акселерометра.

8.2.3.3 Воспроизводят на частоте 160 Гц уровень СКЗ виброускорения 10 м/с^2 . Фиксируют уровень сигнала поверяемого акселерометра.

8.2.3.4 Акселерометр считают прошедшим опробование с положительным результатом, если уровень выходного сигнала при измерениях по 8.2.3.3 превышает уровень выходного сигнала при измерениях по 8.2.3.2 не менее чем в 10 раз.

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 (при необходимости). Рабочая ось поверяемого акселерометра должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя. Задают колебания на базовой частоте 160 Гц с ускорением не менее 10 м/с^2 и измеряют выходной сигнал поверяемого 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 поверяемого канала, мВ;

A_0 – величина воздействующего ускорения, измеренная по эталонному каналу, м/с^2 ;

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

9.1.2 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц находится в пределах $\pm 20 \%$.

9.2 Определение амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики

9.2.1 Определение амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики проводят на базовой частоте 160 Гц при не менее, чем пяти значениях ускорения, одно из которых должно равняться максимально допустимому значению для поверяемого акселерометра, другое минимальному значению. При ускорениях свыше 400 м/с² рекомендуется использовать ударную установку.

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 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если нелинейность амплитудной характеристики находится в пределах ± 4 %.

9.3 Определение неравномерности частотной характеристики

9.3.1 Измерения проводят на виброустановке поверочной. На вибростенде на базовой частоте 160 Гц воспроизводят виброускорение амплитудой не менее 10 м/с².

При неизменной величине ускорения на частотах, выбираемых из ряда: 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000 Гц определяют коэффициент преобразования акселерометра $K_{np,i}$, пКл/(м·с⁻²), по формуле (1).

Количество частот должно быть не менее десяти, при этом два значения частоты должно быть в начале диапазона и два в конце диапазона, а также обязательно наличие нижнего и верхнего значения рабочего диапазона.

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

$$\gamma_i = \frac{K_i - K_{160}}{K_{160}} \cdot 100, \quad (3)$$

где K_i – значение коэффициента преобразования на i -ой частоте, пКл/(м·с⁻²);

K_{160} – значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, пКл/(м·с⁻²).

На частотах ниже 20 Гц величину ускорения устанавливают исходя из возможностей применяемого вибростенда, а при расчёте γ_i учитывают изменение U_i .

Неравномерность ЧХ в высокочастотной области (свыше 5 кГц) допускается определять по формуле

$$\gamma_i = \left(\frac{1}{1 - (f_b / f_o)^2} - 1 \right) \cdot 100, \quad (4)$$

где f_b – верхняя рабочая частота акселерометра, Гц;

f_o – частота установочного резонанса акселерометра, Гц, измеренная по 9.4.

9.3.2 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если неравномерность частотной характеристики находится в пределах $\pm 12,5\%$ в диапазоне частот от 5 до 10000 Гц.

9.4 Определение частоты установочного резонанса

9.4.1 Определение частоты установочного резонанса проводят на устройстве АР1797, изготовленном в соответствии с ГОСТ Р 8.669-2009. В соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1, акселерометр закрепляют на основании рабочего тела в форме шара, изготовленном из нержавеющей стали, так, чтобы направление возбуждающих колебаний совпадало с его рабочей осью.

Ударом падающего шарика (6) в поверяемом акселерометре (3) возбуждаются затухающие колебания. Сигнал регистрируется запоминающим осциллографом (9).

Частоту установочного резонанса f , кГц, определяют по формуле

$$f = 1/T, \quad (5)$$

где T – период возбуждаемых колебаний, мс.

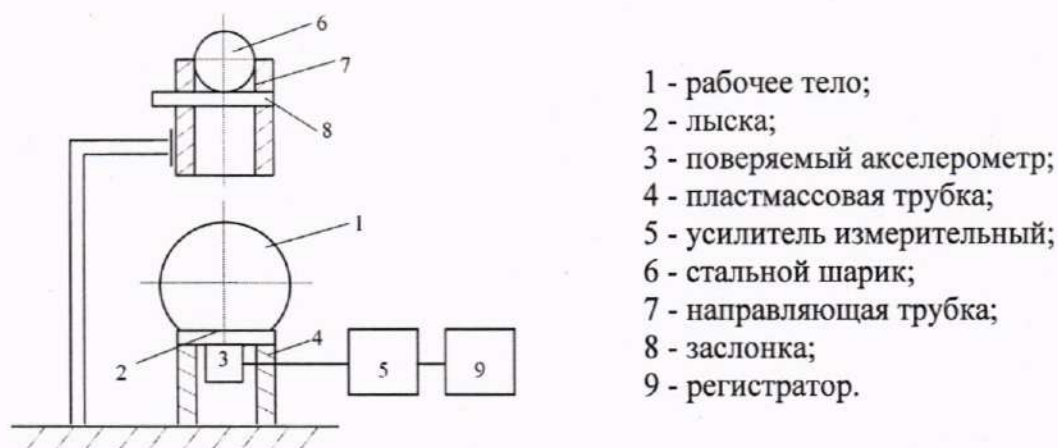


Рисунок 1 – Схема проверки частоты установочного резонанса

9.4.2 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если частота установочного резонанса в осевом направлении составляет не менее 30 кГц.

9.5 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

9.5.1 Измерения проводят на установке вибрационной поверочной. Сначала поверяемый 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 160 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

$$K_{\text{уп}} = \frac{U_{\text{попер. макс.}}}{U_{\text{осев}}} \cdot 100, \quad (6)$$

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 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, 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 измерений ускорения в рабочих диапазонах амплитуд и частот δ , %, проводят по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_O^2 + \delta_{\Pi}^2 + \delta_{\text{КГ}}^2 + \delta_{\text{Н}}^2 + \gamma_{\text{ЧХ}}^2 + \delta_{\text{АХ}}^2}, \quad (7)$$

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

$$\delta_{\Pi} = \frac{K_{\text{ПВС}} \cdot K_{\text{ВИП}}}{100}, \quad (8)$$

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

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

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

$$\delta_{КГ} = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{K_{г.к.}}{100} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100, \quad (9)$$

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 $K_{ВПП}$, %, 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 Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если основная относительная погрешность измерений ускорения в рабочих диапазонах амплитуд и частот находится в пределах ± 15 %.

9.7 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Акселерометр считают прошедшим поверку (соответствующим метрологическим требованиям), если он прошел поверку по каждому пункту данной методики, в соответствии с таблицей 1, с положительным результатом.

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.

По требованию заказчика на обратной стороне свидетельства неравномерность частотной характеристики и основная относительная погрешность измерений ускорения может быть указана в нескольких частотных и амплитудных диапазонах в границах рабочего диапазона измерений поверяемого акселерометра.

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.

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



Д.В. Зверев