

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.311769

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

«14» 07 2022 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**АКСЕЛЕРОМЕТРЫ АР40ХХ**

**Методика поверки**

**МП А3009.0445-2022**

г. Саров  
2022 г.

## Содержание

1	Общие положения.....	3
2	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 .....	5
8	Подготовка к поверке и опробование.....	6
9	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям .....	7
10	Оформление результатов поверки .....	10
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП.....	11
	Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений .....	12

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на акселерометры АР40ХХ.

Акселерометры АР40ХХ предназначены для измерений вибрационных и ударных ускорений.

Принцип действия акселерометров основан на изменении емкости чувствительного элемента при перемещении инерционной массы, являющейся его частью, под действием ускорения и преобразования емкости чувствительного элемента в выходной сигнал.

Конструктивно акселерометры представляют собой микроэлектромеханическую систему (МЭМС) и состоят из чувствительного элемента и печатной платы для регулировки напряжения, защиты и температурной компенсации, заключенных в металлический корпус с электрическим разъемом.

Акселерометры (далее – датчики) выпускаются в модификациях АР4000, АР4001, АР4002, АР4003, которые отличаются номинальными коэффициентам преобразования, амплитудным и частотным диапазонами.

Поверяемые средства измерений прослеживаются к государственному первичному эталону ГЭТ 58-2018, в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772.

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

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

При проведении периодической поверки допускается проводить поверку в требуемом частотном диапазоне (диапазоны А или В) датчика в соответствии с потребностями владельца СИ, с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки.

Межповерочный интервал – 3 года.

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

Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б.

## 2 Операции 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 11.2.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9	Да	Да
Проверка действительного значения коэффициента преобразования	9.1	Да	Да
Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования	9.2	Да	Нет
Проверка частотного диапазона и неравномерности частотной характеристики	9.3	Да	Да
Проверка частоты установочного резонанса	9.4	Да	Нет
Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики	9.5	Да	Нет

## 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 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 датчики, 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 Все применяемые СИ должны быть поверены в соответствии с действующими нормативными документами и иметь действующие свидетельства о поверке.

5.3 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

Таблица 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во	Пункт МП
	Диапазон измерений	Погрешность измерений			
Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с ГПС <sup>1)</sup>	от 0,1 до 5000 Гц, 400 м/с <sup>2</sup>	±2 %	9155 (рег. № 45699-10)	1	8.2, 9
Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с ГПС <sup>2)</sup>	от 300 до 2000 м/с <sup>2</sup>	±6,0 %	AP8001 <sup>3)</sup> (рег. № 86148-22)	1	9.5
Источник питания постоянного тока	24 В; 100 мА	±0,5 %	Б5-71ММ (рег. № 64887-16)	1	8.2, 9
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст.	± 1 мм рт.ст.	М-67 (рег. № 3744-73)	1	8.1.2
Прибор комбинированный	от 30 до 80 %, от 16 до 40 °С	±3 %, ±0,5 °С	Testo 610 (рег. № 53505-13)	1	8.1.2
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	±1 %, ±0,1 Гц	34410А (рег. № 47717-11)	1	8.1.2
<p>1) - приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772                  2) - приказ Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537                  3) - только при первичной поверке</p>					

## 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 датчик, средства поверки и испытательное оборудование.

Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

## 7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

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

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

## 8 Подготовка к поверке и опробование

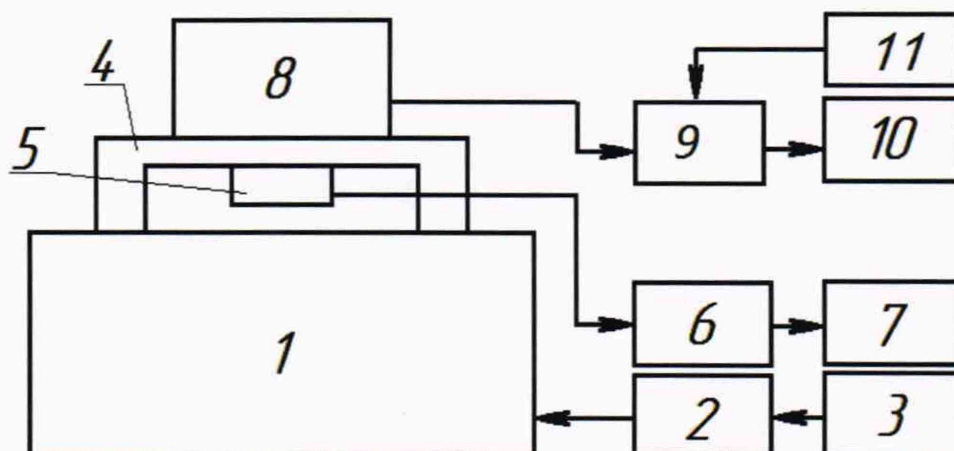
### 8.1 Подготовка к поверке

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 датчик не менее двух часов в нормальных условиях.

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

## 8.2 Опробование

8.2.1 Опробование проводят на установке вибрационной поверочной 2-го разряда. Пример установки приведен на рисунке 1. Датчик устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник (если требуется). Рабочая ось поверяемого датчика должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя. Включают и прогревают измерительные приборы в соответствии с ЭД на них.



- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1 – вибростенд;                     | 6 – согласующий усилитель;                  |
| 2 – усилитель мощности;             | 7, 10 – регистратор;                        |
| 3 – генератор;                      | 8 – испытуемый датчик;                      |
| 4 – технологический переходник;     | 9 – переходная коробка (при необходимости); |
| 5 – эталонный вибропреобразователь; | 11 – источник питания постоянного тока      |

Рисунок 1 – Схема измерений

8.2.2 Воспроизводят на частоте  $(100 \pm 20)$  Гц уровень СКЗ виброускорения не менее  $10 \text{ м/с}^2$ .

8.2.3 Датчик считают прошедшим опробование с положительным результатом, если уровень выходного сигнала превышает уровень помех не менее чем в 10 раз (20 дБ).

Примечание – Все измерения проводить при напряжении питания постоянного тока  $(24,0 \pm 0,1)$  В.

## 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

### 9.1 Проверка действительного значения коэффициента преобразования

9.1.1 Проверку действительного значения коэффициента преобразования проводят на установке вибрационной поверочной в соответствии с рисунком 1. Датчик устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник. Рабочая ось испытуемого датчика должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя. Задают колебания на базовой частоте  $(100 \pm 1)$  Гц с ускорением не менее  $30 \text{ м/с}^2$  и измеряют выходной

сигнал испытываемого и эталонного каналов. Величина задаваемого ускорения зависит от коэффициента преобразования испытываемого датчика и не должна превышать  $0,7A_{\max}$  ( $A_{\max}$  – максимальное значение амплитуды измеряемого ускорения,  $\text{м/с}^2$ ).

Коэффициент преобразования  $K$ ,  $\text{мВ}/(\text{м}\cdot\text{с}^{-2})$ , определяют по формуле

$$K_U = \frac{U}{A_0}, \quad (1)$$

где  $U$  – амплитуда выходного напряжения поверяемого датчика,  $\text{мВ}$ ;

$A_0$  – амплитуда воздействующего ускорения, измеренная по эталонному каналу,  $\text{м/с}^2$ .

#### Примечания

1 При проведении периодической поверки допускается в качестве базовой использовать другие значения частот, например, 40, 80 или 160 Гц.

2 При проведении измерений необходимо учитывать, что датчик имеет постоянную составляющую напряжения на выходе. Например, для проведения корректных измерений СКЗ выходного сигнала датчика необходимо применяемый регистратор перевести в режим измерений напряжения переменного тока (отсечь постоянную составляющую).

9.1.2 Датчик считают прошедшим проверку с положительным результатом, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального находится в пределах  $\pm 3\%$ .

#### 9.2 Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования

9.2.1 Проверку относительного коэффициента преобразования проводят на установке, схема которой приведена на рисунке 1. Сначала испытываемый датчик 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  $30 \text{ м/с}^2$  на базовой частоте  $(100 \pm 1)$  Гц (контроль уровня вибрации проводят по эталонному каналу). Величина задаваемого ускорения зависит от коэффициента преобразования испытываемого датчика и не должна превышать  $0,7A_{\max}$  ( $A_{\max}$  – максимальное значение амплитуды измеряемого ускорения,  $\text{м/с}^2$ ). Снимают показания  $U_{\perp}$ ,  $\text{мВ}$ , при различных положениях датчика, соответствующих его повороту вокруг рабочей оси на  $30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330^\circ$ . Определяют максимальное значение. Затем датчик закрепляют таким образом, чтобы его ось чувствительности совпала с направлением действия вибрации. Снимают показание  $U_{\text{осев}}$ ,  $\text{мВ}$ , при тех же значениях частоты и амплитуды ускорения.

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

$$K_{\perp} = \frac{U_{\perp \text{ макс}}}{U_{\text{осев}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $U_{\perp \text{ макс}}$  – максимальное значение напряжения при поперечном воздействии,  $\text{мВ}$ .

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

9.3 Проверка частотного диапазона и неравномерности частотной характеристики

9.3.1 Проверку рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики проводят на установке, схема которой приведена на рисунке 1. На вибростенде воспроизводят виброускорение с уровнем СКЗ не менее  $30 \text{ м/с}^2$ . Уровень виброускорения контролируют по эталонному каналу установки.

В зависимости от модификации, при неизменной величине ускорения снимают показания выходного напряжения с регистратора поверяемого датчика на рекомендуемых частотах (количество частот должно быть не менее пяти, наличие крайних частот обязательно): 0,1; 0,3; 0,5; 1; 3; 5; 10; 20; 80; 100; 200; 400; 500; 600; 700; 800; 1000; 1200; 1500 Гц.

Неравномерность частотной характеристики в  $i$ -точке частотного диапазона  $Y_i$ , %, определяют по формуле

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

где  $U_i$  - величина выходного напряжения датчика при  $i$ -том фиксированном значении частоты, мВ;

$U_{100}$  - величина выходного напряжения датчика на базовой частоте 100 Гц, мВ.

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

9.3.2 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если неравномерность частотной характеристики находится в пределах:

- $\pm 5$  % для диапазона А;
- $\pm 12,5$  % для диапазона В.

9.4 Проверка частоты установочного резонанса

9.4.1 Проверку частоты установочного резонанса проводят на вибрационной установке в соответствии с 10.15.1 ГОСТ Р 8.669.

Примечание – Допускается совмещать определение частоты установочного резонанса с измерениями по 9.3.

Допускается частоту установочного резонанса определять в ударном режиме в соответствии с 10.15.2 ГОСТ Р 8.669.

9.4.2 Датчик считают прошедшим проверку с положительным результатом, если частота установочного резонанса составляет не менее:

- 4,5 кГц для АР4000;
- 3,6 кГц для АР4001;
- 3,0 кГц для АР4002;
- 2,4 кГц для АР4003.



## 9.5 Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики

9.5.1 Проверку амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики проводят на установке, схема которой приведена на рисунке 1. Измерения проводятся на базовой частоте  $(100 \pm 1)$  Гц при не менее, чем пяти значениях ускорения, одно из которых должно равняться максимально допустимому значению для испытываемой модификации датчика, другое минимальному значению, но не ниже значения, превышающего уровень шумов на 20 дБ.

Датчик устанавливают на технологический переходник. Рабочая ось испытываемого датчика должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя. Задают на вибростенде ускорения, соответствующие измеряемому диапазону, и снимают показания измеряемого и эталонного каналов. При ускорении более  $300 \text{ м/с}^2$  используют ударную установку.

При каждом значении ускорения определяют коэффициент преобразования датчика  $K_{np,i}$ ,  $\text{мВ}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$ , по формуле (1).

Нелинейность амплитудной характеристики  $\delta_{AX}$ , %, определяют по формуле

$$\delta_{AX} = \frac{K_{np,i} - K_{cp}}{K_{cp}} \cdot 100 \quad (4)$$

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

$n$  - число измерений.

9.5.2 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если нелинейность амплитудной характеристики находится в пределах:

-  $\pm 2$  % в диапазоне от 0,1 до  $300 \text{ м/с}^2$  включительно;

-  $\pm 4$  % в диапазоне от  $0,05 \text{ м/с}^2$  до максимального измеряемого значения.

## 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 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке. Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Пломбирование датчиков не предусмотрено.

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

10.3 СИ, не прошедшее поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, установленной в действующих нормативных документах.

**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;

ЭД – эксплуатационная документация.