

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

«21» 02 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ ВИБРОСКОРОСТИ С ТОКОВЫМ ВЫХОДОМ АР161Х

Методика поверки

МП 89895-23

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.....	6
7	Внешний осмотр	6
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) Конструктивные особенности датчиков.....	11
	Приложение Б (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП.....	12
	Приложение В (справочное) Перечень принятых сокращений	13

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на датчики виброскорости с токовым выходом АР161Х.

Датчики виброскорости с токовым выходом АР161Х (далее по тексту – датчик) предназначены для измерений виброскорости.

Датчик представляет собой устройство со встроенным пьезоэлектрическим акселерометром и электронным блоком, осуществляющим измерение, однократное интегрирование и преобразование СКЗ виброскорости в пропорциональный токовый сигнал 4-20 мА.

Принцип действия датчика основан на использовании прямого пьезоэффекта – генерации электрического сигнала, пропорционального воздействующему ускорению. Пьезокерамический чувствительный элемент, работающий по «сдвиговой» схеме, и электронный блок находятся в герметичном металлическом корпусе.

1.2 Прослеживаемость при поверке датчиков обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 к государственному первичному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твёрдого тела ГЭТ 58-2018.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок датчиков методом прямых измерений в соответствии с ГПС, утверждёнными приказами 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.

МП не предусматривает поверку датчиков в сокращённом объёме.

Конструктивные особенности датчиков приведены в приложении А.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведён в приложении Б.

Перечень принятых сокращений приведён в приложении В.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверок 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	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9	Да	Да
Определение номинального значения коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального	9.1	Да	Да
Определение диапазона и основной относительной погрешности измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте 80 Гц	9.2	Да	Нет
Определение диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики	9.3	Да	Да
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	9.4	Да	Нет

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 датчик, 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 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 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1.2	<p>СИ температуры окружающего воздуха в диапазоне от 15 °C до 25 °C, абсолютная погрешность измерений в пределах ± 1 °C</p> <p>СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 до 80 %, относительная погрешность измерений в пределах ± 3 %</p> <p>СИ атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, абсолютная погрешность измерений в пределах $\pm 0,5$ кПа</p> <p>СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 207 до 253 В, относительная погрешность измерений в пределах ± 1 %</p> <p>СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49 до 50 Гц, абсолютная погрешность измерений в пределах $\pm 0,1$ Гц</p>	<p>Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)</p> <p>Мультиметр цифровой 34410A (рег. № 47717-11)</p>
8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4	<p>Рабочий эталон 2 разряда в соответствии с ГПС¹⁾ в диапазоне частот от 2 до 3000 Гц и СКЗ виброскорости от 0,1 до 200 мм/с, относительная погрешность измерений на опорной частоте в пределах ± 3 %</p> <p>СИ силы постоянного тока в диапазоне от 1 до 25 мА, относительная погрешность измерений в пределах $\pm 0,1$ %</p> <p>Средство воспроизведения напряжения постоянного тока от 9 до 25 В (до 100 мА) с погрешностью в пределах ± 3 %</p>	<p>Виброустановка поверочная АТ-9000 (рег. № 76471-19)</p> <p>Мультиметр цифровой 34410A (рег. № 47717-11)</p> <p>Источник питания напряжения постоянного тока АКИП-1102 (рег. № 37469-08)</p>

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

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правилами устройства электроустановок» и «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей». Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0 и «Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)».

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

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 испытания 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 °C необходимо выдержать полученный со склада датчик не менее двух часов в нормальных условиях.

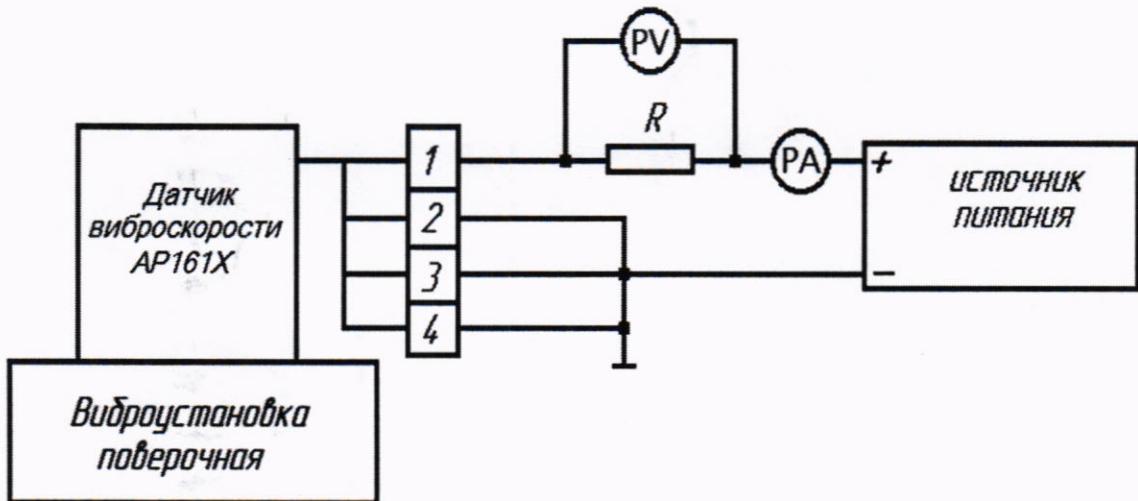
8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки применяемых СИ, включённые в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование проводят на виброустановке поверочной 2-го разряда. Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Датчик устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник (при необходимости). Рабочая ось испытуемого датчика должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя.

Включают и прогревают СИ в соответствии с ЭД на них. Воспроизводят на частоте 80 Гц уровень СКЗ выброскорости не менее 10 мм/с (не менее 2 мм/с для модификаций AP161X-X1.26, AP161X-X1.60, AP161X-X2.00, AP161X-X3.20).

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



R – резистор С2-32-0,5-100 Ом $\pm 1\%$;

РА – мультиметр 34410А в режиме измерений силы постоянного тока;

РВ – мультиметр 34410А в режиме измерений напряжения постоянного тока;

Напряжение питания постоянного тока от 9 до 25 В, рекомендуемое значение (20 ± 1) В.

Примечание – Для измерений выходного сигнала датчика используется либо вольтметр РВ, либо миллиамперметр РА. При проведении измерений с помощью вольтметра, вместо нагрузочного резистора R , следует использовать, например, катушку электрического сопротивления R331 номинальным сопротивлением 100 Ом класса 0,02.

Рисунок 1 – Схема измерений функциональная

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

9.1 Определение номинального значения коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального

9.1.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Закрепляют датчик на столе виброустановки так, чтобы направление воздействия вибрации совпадало с измерительной осью датчика. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

9.1.2 Задают колебания на базовой частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц с уровнем СКЗ виброскорости не менее 10 мм/с (не менее 2 мм/с для модификаций AP161X-X1.26, AP161X-X1.60, AP161X-X2.00, AP161X-X3.20, рекомендуемое значение $0,5 \cdot V_{\max}$, где V_{\max} – максимальное значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с), и с помощью миллиамперметра РА измеряют выходной ток испытуемого датчика.

Коэффициент преобразования датчика K_I , мА/(мм·с⁻¹), вычисляют по формуле

$$K_I = \frac{(I_{\text{вых}} - 4)}{V_{\text{зад}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{вых}}$ – величина выходного тока испытуемого датчика, мА;

$V_{\text{зад}}$ – заданное установкой СКЗ виброскорости, мм/с.

9.1.3 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от но-

минального находится в пределах $\pm 10\%$.

9.2 Определение диапазона и основной относительной погрешности измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте 80 Гц

9.2.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Закрепляют датчик на столе виброустановки так, чтобы направление воздействия вибрации совпадало с измерительной осью датчика. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

9.2.2 Измерения проводятся на базовой частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц при СКЗ виброскорости $0,1 \cdot V_{\max}$; $0,2 \cdot V_{\max}$; $0,4 \cdot V_{\max}$; $0,5 \cdot V_{\max}$; $0,8 \cdot V_{\max}$; V_{\max} , где V_{\max} – максимальное значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с.

На вибростенде задают соответствующую виброскорость и с помощью миллиамперметра РА измеряют выходной ток испытуемого датчика.

Измеренное значение виброскорости вычисляют по формуле

$$V_{\text{изм}} = \frac{(I_{\text{вых}} - 4)}{K_I}, \quad (2)$$

где $I_{\text{вых}}$ – величина выходного тока поверяемого датчика, мА;

K_I – действительное значение коэффициента преобразования поверяемого датчика по 9.1.2, мА/(мм·с⁻¹).

9.2.3 Основную относительную погрешность измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте δ_V , %, вычисляют по формуле

$$\delta_V = \frac{(V_{\text{изм}} - V_{\text{зад}})}{V_{\text{зад}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $V_{\text{изм}}$ – измеренное датчиком значение виброскорости, мм/с;

$V_{\text{зад}}$ – заданное установкой значение виброскорости, мм/с.

9.2.4 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительная погрешность измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте, находится в пределах $\pm(0,05 + 0,1/V_{\text{изм}}) \cdot 100$, %, где $V_{\text{изм}}$ – измеренное значение виброскорости, мм/с.

9.3 Определение диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики

9.3.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Закрепляют датчик на столе виброустановки так, чтобы направление воздействия вибрации совпадало с измерительной осью датчика. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

9.3.2 Задают вибрацию с СКЗ виброскорости не менее 10 мм/с (не менее 2 мм/с для модификаций AP161X-X1.26, AP161X-X1.60, AP161X-X2.00, AP161X-X3.20, рекомендуемое значение $0,5 \cdot V_{\max}$, где V_{\max} – максимальное значение диапазона измерений СКЗ виброскорости датчика, мм/с). Уровень виброскорости контролируют по эталонному каналу и поддерживают его постоянным.

При неизменной величине виброскорости, с помощью миллиамперметра РА, измеряют выходной ток испытуемого датчика:

– на частотах: 2; 3; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 315; 630; 800; 1000 Гц для

модификаций AP161X-X0.08, AP161X-X0.10, AP161X-X0.16, AP161X-X0.20, AP161X-X0.27, AP161X-X0.31, AP161X-X0.32;

– на частотах: 10; 12; 20; 40; 80; 160; 315; 630; 800; 1000 Гц для модификаций AP161X-X0.40, AP161X-X0.53, AP161X-X0.63, AP161X-X0.64, AP161X-X0.80, AP161X-X1.26, AP161X-1.60, AP161X-X0.08TD, AP161X-X0.20TD, AP161X-X0.40TD, AP161X-X0.80TD;

– на частотах: 10; 12; 20; 40; 80; 160; 315; 630; 800; 1000; 1600; 2000 Гц для модификаций AP161X-X2.00;

– на частотах: 10; 12; 20; 40; 80; 160; 315; 630; 1000; 1600; 2500; 3000 Гц для модификаций AP161X-X3.20.

Примечание – На частотах выше 315 Гц величина виброскорости устанавливается исходя из возможностей применяемой поверочной виброустановки.

На каждой частоте вычисляют коэффициент преобразования датчика K_i , $\text{mA}/(\text{мм}\cdot\text{с}^{-1})$, по формуле (1).

Неравномерность частотной характеристики поверяемого датчика γ_i , %, вычисляют по формуле

$$\gamma_i = \frac{K_i - K_{80}}{K_{80}} \cdot 100, \quad (4)$$

где K_i – значение коэффициента преобразования на i -ой частоте, $\text{mA}/(\text{мм}\cdot\text{с}^{-1})$;

K_{80} – значение коэффициента преобразования на частоте 80 Гц, $\text{mA}/(\text{мм}\cdot\text{с}^{-1})$.

9.3.3 Датчик считают выдержавшим испытания, если неравномерность частотной характеристики относительно значения на базовой частоте 80 Гц находится в пределах ± 10 %, при этом затухание на граничных частотах составляет от минус 10 до минус 44 %.

9.4 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

9.4.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Сначала датчик закрепляют на столе виброустановки при помощи специального переходника таким образом, чтобы его ось чувствительности была перпендикулярна действию вибрации. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

Задают вибрацию с СКЗ виброскорости не менее 10 мм/с (не менее 2 мм/с для модификаций AP161X-X1.26, AP161X-X1.60, AP161X-X2.00, AP161X-X3.20, рекомендуемое значение $0,5 \cdot V_{\max}$, где V_{\max} – максимальное значение диапазона измерений СКЗ виброскорости датчика, мм/с), на базовой частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц (контроль уровня вибрации проводят по эталонному каналу). Снимают показания выходного тока датчика I_{nonep} , мА, при различных положениях датчика, соответствующих его повороту вокруг рабочей оси на 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360°.

Определяют максимальное значение. Затем датчик закрепляют таким образом, чтобы его ось чувствительности совпала с направлением действия вибрации. Снимают показания выходного тока с миллиамперметра РА $I_{\text{осев}}$, мА, при тех же значениях частоты и СКЗ виброскорости.

Относительный коэффициент поперечного преобразования K_{In} , %, вычисляют по формуле

$$K_{In} = \frac{I_{\text{напер.макс.}} - I_o}{I_{\text{осевое}} - I_o} \cdot 100, \quad (5)$$

где $I_{\text{напер.макс.}}$ – максимальное значение тока при поперечном воздействии, мА;
 $I_{\text{осевое}}$ – значение тока при осевом воздействии, мА;
 I_o – величина начального значения выходного тока, 4 мА.

9.4.2 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительный коэффициент поперечного преобразования не более 5 %.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с действующими нормативными документами. Протокол поверки оформляют в произвольной форме с учётом требований системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

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 датчика 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 «ГлобалТест»

 Р.В. Ромадов

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

 Д.В. Зверев

Приложение А
(справочное)
Конструктивные особенности датчиков

Датчики выпускаются в нескольких модификациях. Модификации датчиков отличаются номинальным значением коэффициента преобразования, типом соединителя и способом крепления к объекту контроля.

Конструктивные особенности датчиков приведены в таблице А.1.

Структура обозначения датчиков (символы «Х» могут отсутствовать):

AP161	Х-	Х	Х.ХХ	ХХ	TD – опция с расширенным температурным диапазоном				
					обозначение коэффициента преобразования, $\text{mA}/(\text{мм}\cdot\text{с}^{-1})$: 0.08; 0.10; 0.16; 0.20; 0.27; 0.31; 0.32; 0.40; 0.53; 0.63; 0.64; 0.80; 1.26; 1.60; 2.00; 3.20				
буквенное обозначение вывода:									
А – разъём 2-пин (AR0701 (5/8-24 UNF));									
В – встроенный кабель;									
С – встроенный металлокоркав									
индекс модификации (один символ – 1, 2, 3)									

Таблица А.1

Наименование модификации	Номинальное значение коэффициента преобразования, $\text{mA}/(\text{мм}\cdot\text{с}^{-1})$	Способ крепления
AP1611-XX.XX	0,08; 0,10; 0,16; 0,20; 0,27; 0,31;	Шпилька M6×12
AP1612-XX.XX	0,32; 0,40; 0,53; 0,63; 0,64; 0,80;	Винт M6×55
AP1613-XX.XX	1,26; 1,60; 2,00; 3,20	3 винта M4×14
AP1611-XX.XXTD		Шпилька M6×12
AP1612-XX.XXTD	0,08; 0,20; 0,40; 0,80	Винт M6×55
AP1613-XX.XXTD		3 винта M4×14

Приложение Б

(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 (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 В
(справочное)
Перечень принятых сокращений

ГПС – государственная поверочная схема

МП – методика поверки;

СИ – средство(а) измерений;

СКЗ – среднее квадратическое значение;

ЧХ – частотная характеристика;

ЭД – эксплуатационная документация.