

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 НПО



В.К. Дарымов

М.п.

«25» 04 2023 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**ДАТЧИКИ ВИБРОСКОРОСТИ С ТОКОВЫМ ВЫХОДОМ AP161X**

**Методика поверки**

**МП А3009.0488-2023**

г. Саров  
2023 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 .....	5
8	Подготовка к поверке и опробование.....	6
9	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям .....	7
10	Оформление результатов поверки .....	9
	Приложение А (справочное) Конструктивные особенности акселерометров.....	10
	Приложение Б (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП.....	11
	Приложение В (справочное) Перечень принятых сокращений .....	12

## **1 Общие положения**

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на датчики виброскорости с токовым выходом AP161X.

Датчики виброскорости с токовым выходом AP161X (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.

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 проверку датчиков в сокращённом объёме.

Конструктивные особенности акселерометров приведена в приложении А.

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

Перечень принятых сокращений приведен в приложении В.



## 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
Проверка номинального значения коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального	9.1	Да	Да
Проверка диапазона и основной относительной погрешности измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте 80 Гц	9.2	Да	Нет
Проверка диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики	9.3	Да	Да
Проверка 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 °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 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 другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поверяемому 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

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 2 до 1000 Гц, 200 м/с	$\pm 3,0 \%$	АТ-9000 (рег. № 76471-19)	1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4
Мультиметр цифровой	от 1 до 25 мА	$\pm 0,1 \%$	34410А (рег. № 47717-11)	1	
Источник питания напряжения постоянного тока	от 9 до 25 В, до 100 мА	$\pm 3 \%$	АКИП-1102 (рег. № 37469-08)	1	
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст	$\pm 1$ мм рт.ст.	М-67 (рег. № 3744-73)	1	8.1.2
Прибор комбинированный	от 30 до 80 %, от 16 °С до 30 °С	$\pm 3 \%$ , $\pm 0,5$ °С	Testo 610 (53505-13)	1	8.1.2
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	$\pm 1 \%$ , $\pm 0,1$ Гц	34410А (рег. № 47717-11)	1	8.1.2
<sup>1)</sup> - 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» 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 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, задигов, 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 °С необходимо выдержать полученный со склада датчик не менее двух часов в нормальных условиях.

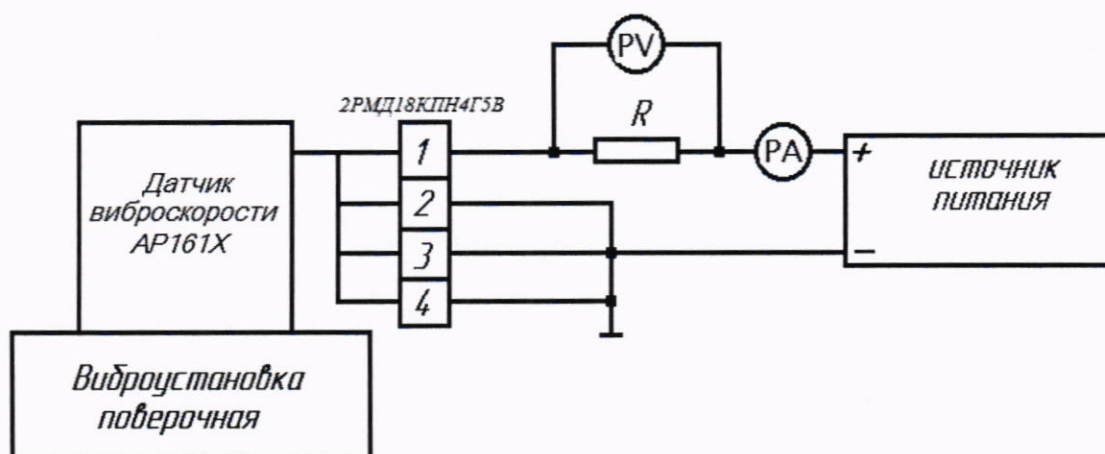
8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки применяемых СИ, включённые в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

### 8.2 Опробование

8.2.1 Опробование проводят на установке вибрационной 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 виброскорости не менее 10 м/с (не менее 3 м/с для модификации AP161X-X1.26 и AP161X-X1.60).

8.2.2 Датчик считают прошедшим проверку 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;

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

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

Примечание – Для измерений выходного сигнала датчика используется либо вольтметр PV, 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 Проверка 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 3 м/с для модификации AP161X-X1.26 и AP161X-X1.60, рекомендуемое значение  $0,5 \cdot V_{\text{макс}}$ , где  $V_{\text{макс}}$  – максимальное значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с), и с помощью миллиамперметра РА измеряют выходной ток испытуемого датчика.

Коэффициент преобразования датчика  $K_I$ , мА/(м·с<sup>-1</sup>), 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 номинального находится в пределах  $\pm 10\%$ .

9.2 Проверка 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  $0,1 \cdot V_{\text{макс}}$ ;  $0,2 \cdot V_{\text{макс}}$ ;  $0,4 \cdot V_{\text{макс}}$ ;  $0,5 \cdot V_{\text{макс}}$ ;  $0,8 \cdot V_{\text{макс}}$ ;  $V_{\text{макс}}$ , где  $V_{\text{макс}}$  – 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/(м·с<sup>-1</sup>).

9.2.3 Основную относительную погрешность измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте  $\delta_V$ , %, вычисляют по формуле



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

где  $V_{изм}$  – измеренное датчиком значение виброскорости, мм/с;  
 $V_{зад}$  – 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  $\pm(0,05 + 0,1/V_{изм}) \cdot 100$ , %, где  $V_{изм}$  – измеренное значение виброскорости, мм/с.

9.3 Проверка 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 3 м/с для модификации AP161X-X1.26 и AP161X-X1.60, рекомендуемое значение  $0,5 \cdot V_{макс}$ , где  $V_{макс}$  – 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.

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

На каждой частоте вычисляют коэффициент преобразования датчика  $K_i$ , мА/(м·с<sup>-1</sup>), по формуле (1).

Неравномерность частотной характеристики поверяемого датчика  $\gamma_i$ , %, 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, мА/(м·с<sup>-1</sup>);  
 $K_{80}$  – значение коэффициента преобразования на частоте 80 Гц, мА/(м·с<sup>-1</sup>).

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



## 9.4 Проверка 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 3 м/с для модификации AP161X-X1.26 и AP161X-X1.60, рекомендуемое значение  $0,5 \cdot V_{\text{макс}}$ , где  $V_{\text{макс}}$  – 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  $I_{\text{попер}}$ , 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  $K_{\text{In}}$ , %, вычисляют по формуле

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

где  $I_{\text{попер. макс.}}$  – 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 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 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  
ЦИ 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 «X» могут отсутствовать):

AP161	X-	X	X.XX	XX
TD – опция с расширенным температурным диапазоном обозначение коэффициента преобразования, мА/(мм·с <sup>-1</sup> ): 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				
буквенное обозначение вывода: А – разъём 2-пин (AR0701 (5/8-24 UNF)); В – встроенный кабель; С – встроенный металлорукав				
индекс модификации (один символ – 1, 2, 3)				

Таблица А.1

Наименование модификации	Номинальное значение коэффициента преобразования, мА/(мм·с <sup>-1</sup> )	Способ крепления
AP1611-XX.XX	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	Шпилька М6×12
AP1612-XX.XX		Винт М6×55
AP1613-XX.XX		3 винта М4×14
AP1611-XX.XXTD	0.08; 0.20; 0.40; 0.80	Шпилька М6×12
AP1612-XX.XXTD		Винт М6×55
AP1613-XX.XXTD		3 винта М4×14



**Приложение Б**  
**(справочное)**

**Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП**

Обозначение доку- мента, 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 электроустано- вок (утверждены приказом Министерства труда и социаль- ной 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.