

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»  
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора  
по производственной метрологии  
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

«03» 06 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ИЗМЕРИТЕЛИ ВИХРЕТОКОВЫЕ ASM 401DXX**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-24-2024

г. Москва  
2024 г.

## 1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на измерители вихретоковые ASM 401DXX (далее - измерители), изготовленные «YMC PIEZOTRONICS INC.», Китай и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Конструктивно измерители состоят из датчика, осциллятора-демодулятора (предусилителя) и соединительного кабеля. Датчик питается высокочастотным напряжением от предусилителя. Измерения происходят без механического контакта датчика с контролируемым объектом. Датчик выполнен в виде неразборного цилиндрического корпуса с внешней резьбой для проходного монтажа.

Принцип действия измерителей основан на взаимодействии электромагнитного поля, создаваемого датчиком, с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в электропроводящем объекте измерения. Сгенерированный в осцилляторе-демодуляторе ток высокочастотных колебаний через удлинительный кабель поступает на катушку датчика, создавая переменное магнитное поле в катушке на головке датчика. На поверхности металла объекта измерения наводится индукционный ток, называемый вихревым током. Одновременно с этим поле вихревых токов создает переменное магнитное поле, противоположно направленное полю катушки на головке датчика. Его сила противодействия изменяет (модулирует) амплитуду и фазу высокочастотного тока катушки пропорционально расстоянию между датчиком и объектом контроля.

Изменение расстояния между катушкой на головке датчика и металлическим проводником, выделяется путем демодуляции и преобразуется в изменения напряжения посредством управляющего воздействия электронной цепи осциллятор-демодулятора. Величина выходного сигнала изменяется в зависимости от изменения расстояния между датчиком и измеряемой поверхностью.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого СИ к Государственному первичному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела (ГЭТ 58-2018).

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, указанные в Приложении А.

Методика поверки допускает возможность проведения поверки средства измерений для меньшего числа измеряемых величин, сокращенном диапазоне измерений и (или) сокращенном диапазоне рабочих частот.

## 2. Операции поверки

2.1. При проведении первичной и периодической поверок измерителей выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики	9.1	да	да
Определение неравномерности частотной характеристики	9.2	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений линейного перемещения	9.3	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9.4	да	да

2.2. При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится и результаты оформляются в соответствии с п. 10.2.

## 3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха:  $23 \pm 5$  °С
- относительная влажность окружающего воздуха до 80%.

3.2 Перед проведением поверки оборудование должно быть подготовлено к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

3.3 Средства поверки, вспомогательные средства и поверяемый измеритель должны иметь защитное заземление.

## 4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

4.1. К поверке допускаются лица имеющие необходимые навыки по работе с подобными средствами измерений, включая перечисленные в таблице 3, и ознакомленными с эксплуатационной документацией на измерители и данной методикой поверки.

## 5. Метрологические и технические требования к средствам поверки.

5.1. При проведении поверки необходимо применять основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
2	Средство измерений температуры от -10 °С до +60 °С с погрешностью не более $\pm 1$ °С; Средство измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью не более $\pm 3$ %	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
9.1	Поверочная виброустановка 1-го разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2772 от 27.12.2018 с диапазоном измерений виброперемещения от 10 до 1000 мкм	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155, рег. № 68875-17
9.2	Генератор сигналов, соответствующий требованиям к рабочему эталону 5 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, в диапазоне значений частоты от 0,1 до 5000 Гц Средство измерений переменного напряжения в диапазоне значений от 10 мВ до 10 В в диапазоне частот от 0,1 до 5000 Гц с погрешностью не более 0,5 %	Генератор сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS 360, рег. № 45344-10;  Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07; Вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43, рег. № 10283-85
9.3	Средство воспроизведения длины в диапазоне от 0 мм до 20 мм, погрешность $\pm 0,003$ мм	Головка микрометрическая цифровая серии 164, рег. № 33793-07
	Средство измерений напряжения постоянного тока от -24 до +24 В с погрешностью не более $\pm 0,1$ %	Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07;
9.4	Приспособление для проверки амплитудно-частотной характеристики вихретоковых датчиков относительного виброперемещения с диапазоном частот входного сигнала от 0,1 до 5000 Гц	Приспособление СП-50
<p>Примечания:</p> <p>1) Все средства поверки должны быть поверены (иметь действующую запись в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений);</p> <p>2) Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим и техническим требованиям;</p>		

## **6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.**

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

6.2. При работе со средствами поверки и поверяемым средством измерений должны быть соблюдены требования безопасности, приведенные в соответствующей эксплуатационной документации.

## **7. Внешний осмотр средства измерений**

При внешнем осмотре устанавливают соответствие комплектности и маркировки требованиям эксплуатационной документации, а также отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов. В случае обнаружения несоответствия хотя бы по одному из вышеперечисленных требований поверка прекращается.

## **8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1. Все средства измерений должны быть прогреты и подготовлены к работе в соответствии со своим руководством по эксплуатации.

8.2. Проверяют условия проведения поверки на соответствие требованиям п. 3.

## **9. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям**

9.1. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики.

Закрепляют на вибростоле образец металла, вибрацию которого измеритель должен преобразовывать в электрический сигнал. Плоскость образца металла должна быть перпендикулярна к направлению колебаний вибростола. Датчик измерителя с помощью специального кронштейна устанавливают над образцом металла на расстоянии начального зазора (минимальное значение диапазона измерений), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола.

*Примечание* – Образец металла, применяемый при поверке, изготавливают в форме диска толщиной от 5 до 10 мм и диаметром от 15 до 50 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки преобразователя) из металла той же марки, что и марка металла, из которого изготовлена поверхность, перемещение которой преобразует в электрический сигнал измеритель (например, сталь вала ротора турбины или генератора), марка стали указана в паспорте.

В соответствии с эксплуатационной документацией подключают датчик кабелем к входу преобразователя. На вибростоле задают действительное значение виброперемещения  $S_d$  на базовой частоте 40 Гц не менее чем в пяти точках диапазона измерений, включая верхний и нижний пределы. Последовательно задают значения виброперемещения, считывают значения напряжения по мультиметру и определяют значения коэффициента преобразования  $K_i$  для каждой точки измерений.

Значение коэффициента преобразования  $K_i$  определяют по формуле (1):

$$K_i = \frac{U_S}{S_i}, \text{ мВ/мкм} \quad (1)$$

где  $U_S$  – измеренное значение напряжения на выходе предусилителя с помощью мультиметра, мВ;

$S_i$  – значения виброперемещения, задаваемые эталонной виброустановкой, в  $i$ -той точке измерений, мкм.

Действительное значение коэффициента преобразования определяется как усредненное значение по формуле (2):

$$K_D = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}, \text{ мВ/мкм} \quad (2)$$

где  $n$  – число задаваемых значений физической величины.

Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения определяют по формуле (3):

$$\delta = \frac{K_D - K_N}{K_N} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где  $K_N$  – номинальное значение коэффициента преобразования.

Нелинейность амплитудной характеристики определяют по формуле (4):

$$\Delta = \frac{K_i - K_D}{K_D} \cdot 100, \% \quad (4)$$

Для измерителей, работающих только в режиме измерения линейного перемещения, определение действительного значения коэффициента преобразования и отклонения от номинального значения проводится в статическом режиме. В этом случае вместо значения виброперемещения задается значение зазора между образцом металла и чувствительным элементом датчика в диапазоне измерений линейного перемещения.

Измеритель считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и значения нелинейности амплитудной характеристики не превышают значений, указанных в Приложении А.

## 9.2. Определение неравномерности частотной характеристики.

Неравномерность частотной характеристики определяется при помощи приспособления для проверки амплитудно-частотной характеристики вихретоковых датчиков относительного виброперемещения СП-50. Устанавливают датчик измерителя в приспособление в соответствии с эксплуатационной документацией. Подключают выход генератора сигналов к входным разъемам приспособления СП-50. С генератора сигналов последовательно подают напряжения переменного тока равное 1 В СКЗ не менее чем на десяти значениях рабочего диапазона частот измерителя, включая нижний и верхний пределы диапазона частот. Фиксируют значения напряжения переменного тока с выхода предусилителя измерителя после стабилизации показаний. Неравномерность АЧХ вычисляют по формуле (5):

$$\gamma = 20 \cdot \log_{10} \frac{U_j}{U_6}, \text{ дБ} \quad (5)$$

где  $U_6$  – измеренное значение напряжения на выходе предусилителя на базовой частоте 40 Гц, мВ;

$U_j$  – измеренное значение напряжения на выходе предусилителя на  $j$ -той точке измерений, мВ.

Измеритель считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения неравномерности частотной характеристики не превышают значений, указанных в Приложении А.

9.3. Определение основной относительной погрешности измерений линейного перемещения.

Датчик измерителя устанавливается на специальном приспособлении с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии начального зазора (минимальное значение диапазона измерений), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя было перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход предусилителя подключают к мультиметру. Фиксируют начальное значение напряжения на выходе предусилителя.

Последовательно задают значения линейного перемещения из диапазона измерений с шагом не более  $1/5$  диапазона измерений. Для каждой контрольной точки считывают соответствующие значения напряжения на выходе по мультиметру. Рассчитывают коэффициент преобразования  $K_i$  для каждой контрольной точки по формуле (6):

$$K_i = \frac{U_i - U_0}{S_i - S_0}, \text{ В/мм} \quad (6)$$

где  $U_i$  – измеренное в  $i$ -той точки значение напряжения на выходе предусилителя с помощью мультиметра, В;

$U_0$  – измеренное значение напряжения в начальной точки измерений, В;

$S_0$  – значение линейного перемещения заданное в начальной точки измерений, мкм;

$S_i$  – значение линейного перемещения заданное в  $i$ -той точке измерений, мкм.

Относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta_{\text{см}} = \frac{K_i - K_{\text{ср}}}{K_{\text{ср}}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где  $K_{\text{ср}}$  – среднее арифметическое значение коэффициента преобразования.

Измеритель считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения относительной погрешности измерений линейного перемещения не превышают значений, указанных в Приложении А.

9.4 Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Измеритель считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если он прошел поверку по каждому пункту данной методики и все максимальные значения отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, нелинейности амплитудной характеристики, неравномерности частотной характеристики и относительной погрешности измерений линейного перемещения не превышают допустимых значений, указанных в Приложении А.

## 10. Оформление результатов поверки

10.1. Измеритель, прошедший поверку с положительным результатом, признается пригодным и допускается к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

10.2. При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ измеритель признается непригодным к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности к применению.

10.3. При проведении поверки в сокращенном объеме обязательно должен указываться объем проведенной поверки.

10.4. Результаты поверки измерителя передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 204  
ФГБУ «ВНИИМС»

  
А.Г. Волченко

Ведущий инженер  
ФГБУ «ВНИИМС»

  
Н.В. Лункин



Приложение А

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение				
	ASM 401D01	ASM 401D02	ASM 401D04	ASM 401D08	ASM 401D10
Номинальное значение коэффициента преобразования, В/мм	16	8	4	2	0,8
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±2	±2	±2	±2	±5
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 5000	от 0,1 до 5000	от 0,1 до 5000	-	-
Диапазоны измерений линейного перемещения, мм	от 0,4 до 1,4	от 0,5 до 2,5	от 1 до 5	от 2 до 10	от 2 до 12
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений линейного перемещения, %	±1	±1	±1	±1	±2
Диапазоны измерений размаха виброперемещения, мкм	от 10 до 500	от 20 до 1000	от 20 до 2000	-	-
Нелинейность амплитудной характеристики, %	±1	±1	±1	-	-
Неравномерность частотной характеристики, дБ					
- в диапазоне частот от 2 до 1000 Гц	±1	±1	±1	-	-
- в диапазоне частот от 0,1 до 5000 Гц	±3	±3	±3		
Примечание: - Метрологические характеристики нормированы для объекта измерений из марки металла, указанного в паспорте для конкретного измерителя					