

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора  
по производственной метрологии  
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Колонин

«26» 11 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИХРЕТОКОВЫЕ**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-32-2023

г. Москва  
2023 г.

## 1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на преобразователи вихретоковые (далее - преобразователи), изготовленные WUXI HOUDE AUTOMATION METER CO., LTD., Китай и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Принцип действия преобразователей основан на взаимодействии электромагнитного поля, создаваемого датчиком, с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в электропроводящем объекте измерения. Изменение расстояния между чувствительным элементом датчика и объектом измерений в процессе перемещения контролируемого объекта приводит к пропорциональному изменению выходного напряжения.

Конструктивно преобразователи состоят из датчика, генератора гармонических колебаний (проксиметра) и соединительного кабеля. Датчик питается высокочастотным напряжением от проксиметра. Измерения происходят без механического контакта преобразователя с контролируемым объектом. Датчик выполнен в виде неразборного цилиндрического корпуса с внешней резьбой для проходного монтажа.

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) и Государственному первичному специальному эталону единицы угловой скорости (ГЭТ 108-2019).

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 и метод прямых измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.09.2022 г. № 2183.

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 акселерометров 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 осевого перемещения	9.3	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения частоты вращения	9.4	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9.5	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.

2.3 Допускается проведение поверки отдельного автономного блока (датчика) из состава средства измерений, так как они являются взаимозаменяемыми.

## 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 преобразователь 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 преобразователи 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
9.1-9.2	Поверочная виброустановка 2-го разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2772 от 27.12.2018 с диапазоном частот от 0,1 до 1000 Гц	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155, рег. № 68875-17
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	Тахометрическая установка 2-го разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2183 от 01.09.2022 с диапазоном частоты вращения от 1 до 60000 об/мин Рабочий эталон единиц времени и частоты пятого разрядов по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1621 от 31.07.2018 с диапазоном частоты от 0,01 до 1000 Гц	Стенд СП-31, рег. № 61681-15  Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85, рег. № 3433-73
<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 преобразователь должен преобразовывать в электрический сигнал. Плоскость образца металла должна быть перпендикулярна к направлению колебаний вибростола. Датчик преобразователя с помощью специального кронштейна устанавливают над образцом металла на расстоянии, указанном в паспорте (середина диапазона измерений, если не указан в паспорте), 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 преобразователь (например, сталь вала ротора турбины или генератора).

В соответствии с эксплуатационной документацией подключают датчик кабелем к входу проксиметра. На вибростоле задают действительное значение виброперемещения  $S_d$  на базовой частоте 40 Гц не менее чем пять точек 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.

*Примечание* - При невозможности задания требуемого значения виброперемещения на базовой частоте нелинейность амплитудной характеристики определяют на одной из частот, принадлежащей рабочему диапазону частот, на которой возможно задание требуемого значения.

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 проксиметра 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 преобразователей, работающих только в режиме измерения осевого 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 осевого перемещения.

Преобразователь считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения не превышают  $\pm 10\%$  и значения нелинейности амплитудной характеристики не превышают  $\pm 2\%$ .

## 9.2. Определение неравномерности частотной характеристики.

Неравномерность частотной характеристики определяют не менее чем на десяти значениях рабочего диапазона частот преобразователя, включая нижний и верхний пределы диапазона при значениях виброперемещения не менее 5 мкм. Устанавливают преобразователь в соответствии с п. 8.1 и последовательно задают значения виброперемещения на частотах рабочего диапазона. Для каждого значения частоты вычисляют значение коэффициента преобразования по формуле (1). Используя полученные значения среднего арифметического значения коэффициента преобразований на базовой частоте в п. 8.1 вычисляют неравномерность частотной характеристики  $\gamma$  по формуле:

$$\gamma = \frac{K_i - K_D}{K_D} \cdot 100, \% \quad (5)$$

Преобразователь считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения неравномерности частотной характеристики не превышают  $\pm 10\%$ .

## 9.3. Определение основной относительной погрешности измерений осевого перемещения.

Датчик преобразователя устанавливают на специальном приспособлении с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии начального зазора, указанного в паспорте на преобразователь (середина диапазона измерений, если не указан в паспорте), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя было перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход проксиметра подключают к мультиметру. Фиксируют начальное значение напряжения на выходе блока преобразований.

Последовательно задают значения осевого смещения 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 проксиметра с помощью мультиметра, В;

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

$S_0$  – значение осевого смещения заданное в начальной точки измерений, мкм.

$S_i$  – значение осевого смещения 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.

Преобразователь считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения относительной погрешности не превышают значений, указанных в описании типа.

9.4. Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты вращения.

Преобразователь закрепить на стенде СПЗ1. Задать поочередно следующие значения частоты вращения: 5; 30; 600 3000; 6000; 30000; 60000 об/мин. Произвести по пять измерений в каждой точке при помощи частотомера. За результат измерения принимается среднее измеренное значение из пяти измерений.

Абсолютную погрешность измерения частоты вращения рассчитать по формуле (8):

$$\delta = F_{\text{изм}} - F_{\text{зад}}, \text{ об/мин} \quad (8)$$

где:

$F_{\text{зад}}$  – задаваемое значение частоты вращения на стенде СПЗ1, об/мин;

$F_{\text{изм}}$  – среднее измеренное значение частоты вращения, об/мин.

$$F_{\text{изм}} = f \cdot 60, \text{ об/мин} \quad (9)$$

где:

$f$  – значение частоты вращения, измеренное частотомером, Гц

Преобразователь считается прошедшим поверку по данному пункту, если полученные значения допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты вращения не превышают  $\pm(1+N \cdot 0,001)$ , где  $N$  – заданное значение частоты вращения.

9.5 Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Преобразователь 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, относительной погрешности измерений осевого перемещения и абсолютной погрешности измерений частоты вращения не превышают допустимых значений, указанных в таблице А.1.

## 10. Оформление результатов поверки

10.1. Преобразователь, 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 на преобразователь оформляется извещение о непригодности к применению.

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

10.4. Результаты поверки преобразователя 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	Значения характеристики для модификаций:				
	5 мм	8 мм	11 мм	18 мм	25 мм
Номинальное значение коэффициента преобразования, В/мм	8	8	4	2	0,8
Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±10	±10	±10	±10	±10
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0 до 10000	от 0 до 10000	-	-	-
Диапазоны измерений осевого перемещения, мм	от -0,5 до 0,5	от -1 до 1	от -2 до 2	от -4 до 4	от -6 до 6
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений осевого перемещения, %	±10	±6	±8	±10	±10
Диапазоны измерений размаха виброперемещения, мкм	от 1 до 500	от 1 до 1000	-	-	-
Нелинейность амплитудной характеристики, %	±2	±2	-	-	-
Неравномерность частотной характеристики при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц, %	±10	±10	-	-	-
Диапазон измерений частоты вращения, об/мин	от 1 до 60000	от 1 до 60000	-	-	-
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты вращения, об/мин	±(1+N·0,001), N – заданное значение частоты вращения		-	-	-
Пределы допускаемого дополнительного отклонения коэффициента преобразования от номинального значения при изменении температуры окружающей среды, %	±10				
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений осевого перемещения при изменении температуры окружающей среды, %/°C	±0,05				