

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

« 7 » августа 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИХРЕТОКОВЫЕ ВН5000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-38-2024

г. Москва
2024 г.

1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на преобразователи вихретоковые ВН5000 (далее - преобразователи), изготовленные Beijing Bohua Xinzhi Technology, Inc., 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.

Преобразователи вихретоковые ВН5000 выпускаются в следующих модификациях, соответствующих диаметру чувствительного элемента: 5 мм, 8 мм и 11 мм, и отличаются диапазонами измерений.

Датчики из состава преобразователей вихретоковых ВН5000 имеют условное обозначение согласно структурной схеме 1.

ВН5000-AAA-BB-CC-DD-02

где:

AAA – диаметр чувствительного элемента датчика (171, 172, 173, 174 – 5 мм; 101, 102, 103, 104, 105, 106 – 8 мм; 191, 192, 193, 194, 195, 196 – 11 мм);

BB – длина датчика без резьбы (принимает значения от 00 до 85);

CC – длина датчика (принимает значения от 03 до 95);

DD – длина преобразователя (принимает значения от 05 до 90).

Структурная схема 1 – Условное обозначение датчиков из состава преобразователей вихретоковых ВН5000.

Соединительные кабели из состава преобразователей вихретоковых ВН5000 имеют условное обозначение согласно структурной схеме 2.

ВН5000-AAA-BBV-CC

где:

AAA – тип кабеля (130 – для 5 мм и 8 мм датчиков, 830 – для 11 мм датчиков);

BBV – длина кабеля (040 – 4 м, 045 – 4,5 м, 080 – 8 м, 085 – 8,5 м);

CC – кабель бронированный/не бронированный (принимает значения 00 или 01).

Структурная схема 2 – Условное обозначение соединительных кабелей из состава преобразователей вихретоковых ВН5000.

Проксиметры из состава преобразователей вихретоковых ВН5000 имеют условное обозначение согласно структурной схеме 3.

ВН5000-AAA-BB-C-D

где:

AAA – тип датчика: 180, 880;

ВВ – общая длина кабеля (совместная длина кабеля датчика и соединительного кабеля) принимает значения 50 или 90;

С – диаметр датчика от 0 до 1 (0 – для 5 мм и 8 мм, 1 – для 11мм);

D – диапазон измерений 0 до 6.

Структурная схема 3 – Условное обозначение проксиметров из состава преобразователей вихретоковых ВН5000.

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), 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 и диапазонов.

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 метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9	да	да
Измерение виброперемещения			
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 40 Гц	9.1	да	да
Определение неравномерности частотной характеристики при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц (выход по переменному напряжению)	9.2	да	да
Измерение относительного перемещения (осевого смещения)			
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение основной относительной погрешности измерений осевого перемещения	9.3	да	да
Измерение частоты вращения			
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 проводить поверку по одному из видов измерений, а так же допускается проводить поверку только по напряжению или токовому выходу с отображением объема поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: 23 ± 5 °C
- 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 2, 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 ± 1 °С; Средство измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью не более ± 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
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	Стенд СП-31, рег. № 61681-15
9.1-9.4	Рабочий эталон 3 разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2023 №1706 в диапазоне выходного переменного напряжения поверяемого СИ	Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07

Примечания:

- 1) Все средства поверки должны быть поверены (иметь действующую запись в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений);
- 2) Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим и техническим требованиям;
- 3) В качестве вспомогательного средства поверки применяется образец металла, на который настроен преобразователь

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

Измерение виброперемещения

9.1. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 40 Гц.

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 руководстве по эксплуатации (середина диапазона измерений, если не указан в руководстве по эксплуатации), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола.

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

В соответствии с эксплуатационной документацией подключают датчик при помощи соединительного кабеля к входу проксиметра. На вибростол 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.

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):

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

где U_S – измеренное значение напряжения на выходе проксиметра, мВ;

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

Действительное значение коэффициента преобразования определяется по формуле (2):

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

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):

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

9.2. Определение неравномерности частотной характеристики при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц.

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 10 мкм. Устанавливают преобразователь в соответствии с п. 9.1 и последовательно задают значения виброперемещения на частотах рабочего диапазона. Для каждого значения частоты вычисляют значение коэффициента преобразования по формуле (1).

Используя полученные значения коэффициента преобразований на базовой частоте в п. 9.1 вычисляют неравномерность частотной характеристики γ по формуле (5):

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

Измерение относительного перемещения (осевого смещения)

9.3. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и 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 руководстве по эксплуатации на преобразователь (середина диапазона измерений, если не указан в руководстве по эксплуатации), 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 проксиметра.

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.

Рассчитывают действительное значение коэффициента преобразования по формуле (2).

Отклонение коэффициента преобразования рассчитать по формуле (3).

Относительная погрешность определяется по формуле (7):

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

Измерение частоты вращения

9.4. Определение абсолютной погрешности измерения частоты вращения.

Преобразователь закрепить на стенде СП31. Задать поочередно следующие значения частоты вращения: 5; 30; 600 3000; 6000; 60000; 120000; 240000 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 СП31, 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

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 полученные значения характеристик 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

Метрологические характеристики

Таблица А.1

Наименование характеристики	Значение	
	5 мм и 8 мм	11 мм
Номинальное значение коэффициента преобразования, В/мм	7,87	3,94
Измерение относительного перемещения (осевого смещения)		
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±10	
Диапазон измерений относительного, мм	от 0,5 до 2,5	от 0,5 до 4,5
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений относительного перемещения, %	±10	
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений относительного перемещения при изменении температуры окружающей, %/°C	±0,05	
Измерение виброперемещения		
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±10	
Диапазон измерений размаха виброперемещения, мкм	от 10 до 2000	от 10 до 3000
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 1000	
Нелинейность амплитудной характеристики на базовой частоте 40 Гц, %	±3	
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений размаха виброперемещения на базовой частоте 40 Гц, %	±10	
Неравномерность частотной характеристики при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц, %	±10	
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений размаха виброперемещения при изменении температуры окружающей, %/°C	±0,05	
Диапазон измерений частоты вращения, об/мин	от 1 до 240000	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты вращения, об/мин	±(1+N·0,001), N – значение частоты вращения	