



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»



С.А. Денисенко

09 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИХРЕТОКОВЫЕ ВН5000А

Методика поверки

РТ-МП-1772-204-2025

г. Москва

2025 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи вихретоковые ВН5000А (далее – преобразователи), изготавливаемые Beijing Bohua Xinzhi Technology, Inc., Китай, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- 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 требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значения характеристики		
	5 мм	8 мм	11 мм
Номинальное значение коэффициента преобразования, В/мм	7,87		3,94
Пределы отклонения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±5		
Диапазон измерений осевого перемещения, мм	от 0,25 до 2,3	от 0,5 до 4,5	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений осевого перемещения, %	±5		
Диапазон измерений размаха виброперемещения, мкм	от 10 до 2500	от 10 до 4000	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 1000		
Нелинейность амплитудной характеристики, %	±5		
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот, %	±5		
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		

Методика поверки допускает возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин.

2. Перечень операций поверки средства измерения

2.1. При проведении первичной и периодической поверок преобразователей выполняются операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Требования к условию проведения поверки	6	да	да
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
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения	9.1	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений осевого перемещения	9.2	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	9.3	да	да
Определение неравномерности частотной характеристики в диапазоне частот	9.4	да	да
Определение абсолютной погрешности измерений частоты вращения	9.5	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9.6	да	да
Оформление результатов поверки	10	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, 10.3.

3. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки необходимо применять основные средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
6	Средства измерений температуры от -10 °С до +60 °С с погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью не более ± 3 %	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
9.1. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения	Средства воспроизведения длины в диапазоне от 0 мм до 50 мм, погрешность $\pm 0,003$ мм. Средства измерений напряжения постоянного тока от -24 до +24 В с погрешностью не более $\pm 0,1$ % Поверочные виброустановки 2-го разряда по приказу Федерального агентства по	Головка микрометрическая цифровая серии 164 (рег. № 33793-07) Мультиметр цифровой Agilent 34411A (рег. № 33921-07) Установка для поверки и калибровки
9.2. Определение основной относительной погрешности измерений осевого перемещения	техническому регулированию и метрологии № 2772 от 27.12.2018 с диапазоном частот от 0,1 до 1000 Гц	виброизмерительных преобразователей 9155 (рег. № 68875-17)
9.3. Определение нелинейности амплитудной характеристики		
9.4. Определение неравномерности частотной характеристики в диапазоне частот		
9.5. Определение абсолютной погрешности измерений частоты вращения	Тахометрические установки 2-го разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2183 от 01.09.2022 с диапазоном частоты вращения от 1 до 240000 об/мин Рабочие эталоны единиц времени и частоты пятого разрядов по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2360 от 26.09.2022 с диапазоном частоты от 0,01 до 1000 Гц	Стенд СП31 (рег. № 61681-15) Частотомер электронно-счетный ЧЗ-38 (рег. № 3433-73)

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.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

К поверке допускаются лица имеющие необходимые навыки по работе с подобными средствами измерений, включая перечисленные в таблице 3, и ознакомленные с эксплуатационной документацией на поверяемое средство измерения и данной методикой поверки.

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.

При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные в ГОСТ 12.1.019-2017 и эксплуатационной документации изготовителя.

6. Требования к условиям проведения поверки

6.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: 20 ± 5 °С
- относительная влажность окружающего воздуха до 80%.

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

6.3. Средства поверки и вспомогательные средства должны иметь защитное заземление.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа, комплектности и маркировки, а также отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов.

7.2. В случае несоответствия хотя бы одному из выше указанных требований, преобразователь считается непригодным к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1. Проверяют работоспособность преобразователя в соответствии с эксплуатационной документацией.

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

8.3. Проверяют условия проведения поверки на соответствие требованиям п. 6.

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

9.1. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального.

Датчик преобразователя установить на специальном приспособлении с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии, равном середине диапазона измерений, таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности датчика было

перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход драйвера подключить к мультиметру. Зафиксировать начальное значение напряжения на выходе драйвера.

Последовательно задать значения осевого смещения из диапазона измерений с шагом не более 1/5 диапазона измерений. Для каждой контрольной точки считать соответствующие значения напряжения на выходе по мультиметру. Рассчитать коэффициент преобразования K_i для каждой контрольной точки по формуле (1):

$$K_i = \frac{U_i - U_0}{S_i - S_0}, \text{ (В/мм)} \quad (1)$$

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

U_0 – измеренное значение напряжения в начальной точке измерений, В;

S_0 – значение осевого смещения, заданное в начальной точке измерений, мм;

S_i – значение осевого смещения, заданное в i -той точке измерений, мм.

Действительное значение коэффициента преобразования определить как среднее значение по формуле (2):

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

где: n – число задаваемых значений осевого перемещения.

Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения определить по формуле:

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

где: K_N – номинальное (паспортное) значение коэффициента преобразования.

9.2. Определение допускаемой основной относительной погрешности измерений осевого перемещения.

Датчик преобразователя установить на специальном приспособлении с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии, равном середине диапазона измерений, таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности датчика было перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход драйвера подключить к мультиметру. Зафиксировать начальное значение напряжения на выходе драйвера.

Последовательно задать значения осевого смещения из диапазона измерений с шагом не более 1/5 диапазона измерений. Для каждой контрольной точки считать соответствующие значения напряжения на выходе по мультиметру. Рассчитать значение осевого перемещения S_i для каждой контрольной точки по формуле (4):

$$S_i = \frac{U_i}{K_N}, \text{ (мм)} \quad (4)$$

Допускаемую основную относительную погрешность измерений осевого перемещения определить по формуле (5):

$$\delta_S = \frac{S_i - S_3}{S_3} \cdot 100, \text{ (\%)} \quad (5)$$

где S_3 – значение осевого смещения, заданное в соответствующей точке измерений.

9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики.

Закрепить на вибростоле образец металла, вибрацию которого датчик должен измерить. Плоскость образца металла должна быть перпендикулярна к направлению колебаний вибростола. Датчик преобразователя с помощью специального кронштейна установить над образцом металла на расстоянии, равном середине диапазона измерений, таким образом, чтобы

направление главной оси чувствительности датчика совпадало с направлением колебаний вибростола.

Примечание – Образец металла, применяемый при испытаниях, изготовить 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 измеряют (например, сталь вала ротора турбины или генератора).

На вибростоле задать действительное значение виброперемещения S на базовой частоте 40 Гц не менее чем пяти точках диапазона измерений, включая верхний и нижний пределы. Последовательно задавая значения виброперемещения, считать значения напряжения по мультиметру и определить значения коэффициента преобразования K_i для каждой точки измерений.

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

Значение коэффициента преобразования K_i определить по формуле (6):

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

Нелинейность амплитудной характеристики определяют по формуле (7):

$$\Delta = \frac{K_i - K_D}{K_D} \cdot 100, (\%) \quad (7)$$

9.4. Определение неравномерности частотной характеристики в диапазоне частот.

Неравномерность частотной характеристики определить не менее чем на десяти значениях рабочего диапазона частот преобразователя, включая нижний и верхний пределы диапазона при значениях виброперемещения не менее 5 мкм. Установить датчик преобразователя в соответствии с п. 9.3 и последовательно задать значения виброперемещения на частотах рабочего диапазона. Для каждого значения частоты вычислить значение коэффициента преобразования по формуле (6).

Неравномерность частотной характеристики определить по формуле (8).

$$\gamma = \frac{K_i - K_D}{K_D} \cdot 100, (\%) \quad (8)$$

9.5. Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты вращения.

Датчик преобразователя закрепить на стенде СПЗ1. Задать поочередно следующие значения частоты вращения: 5; 1000; 10000 100000; 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 (9):

$$\delta = N_{\text{изм}} - N_{\text{зад}}, \text{ (об/мин)} \quad (9)$$

где $N_{\text{зад}}$ - задаваемое значение частоты вращения на стенде СПЗ1, об/мин;
 $N_{\text{изм}}$ - среднее измеренное значение частоты вращения, об/мин.

$$N_{\text{изм}} = f \cdot 60, \text{ (об/мин)} \quad (10)$$

где f - значение частоты вращения, измеренное частотомером, Гц

9.6. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям.

Преобразователь считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям), если он соответствует требованиям каждого пункта данной методики поверки, значения полученных метрологических характеристик не превышают значений, указанных в таблице 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. Результаты поверки преобразователя передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.4. Периодическая поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме. Сведения об объеме проведенной поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.5. Ведение протокола осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами и системой менеджмента качества организации поверителя. Дополнительные требования к оформлению протокола поверки не предъявляются.

10.6. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

Начальник отдела 204
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»

 А.Г. Волченко