



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



С.А. Денисенко

М.П.

04

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВИХРЕТОКОВЫЕ КД-ВПП

Методика поверки

РТ-МП-507-204-2025

г. Москва
2025 г.

1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на преобразователи перемещений вихретоковые КД-ВПП (далее - преобразователи), изготовленные ООО «Комдиагностика», 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 преобразователя и объектом измерений в процессе перемещения контролируемого объекта приводит к пропорциональному изменению выходного напряжения.

Преобразователи представляют собой измерительный канал, в состав которого входят преобразователь КД-ВП и вихретоковый датчик КД-ВД с соединительным кабелем.

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 таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение		
	КД-ВПП-D5-LX	КД-ВПП-D8-LX	КД-ВПП-D11-LX
Номинальное значение коэффициента преобразования, В/мм	7,87	7,87	3,94
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±5	±5	±10
Диапазон измерений размаха виброперемещения, мкм	от 10 до 500	от 10 до 1000	от 10 до 3300
Диапазон измерений относительного перемещения (осевого смещения), мм	от 0,25 до 1,75	от 0,25 до 2,5	от 0,5 до 4,5
Нелинейность амплитудной характеристики, %	±1,5	±1,5	±1,5
Нормируемый диапазон частот, Гц	от 2 до 500	от 2 до 500	от 2 до 500
Неравномерность частотной характеристики, %	±2	±2	±2,5

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

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1. При проведении первичной и периодической поверок измерителей выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки средства измерений

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Контроль условий поверки	8.1	да	да
Опробование	8.2	да	да
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении размаха виброперемещения	9.1	да	да
Определение неравномерности частотной характеристики	9.2	да	да
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении относительного перемещения (осевого смещения)	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: 20 ± 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 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1. Контроль условий поверки	Средство измерений температуры от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, с погрешностью $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$; Средство измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью $\pm 3\text{ }%$	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
9.1. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении размаха виброперемещения	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 3300 мкм и диапазоном частот от 2 до 500 Гц Средство измерений переменного напряжения в диапазоне значений от 1 мВ до 10 В в диапазоне частот от 2 до 500 Гц с погрешностью $\pm 0,5\text{ }%$	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155, рег. № 68875-17 Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07; Вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43, рег. № 10283-85
9.2. Определение неравномерности частотной характеристики		
9.3. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении относительного перемещения (осевого смещения)	Средство воспроизведения длины в диапазоне от 0 до 20 мм, погрешность $\pm 0,003\text{ мм}$ Средство измерений напряжения постоянного тока от -24 до $+24\text{ В}$ с погрешностью $\pm 0,1\text{ }%$	Головка микрометрическая цифровая серии 164, рег. № 33793-07 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.		

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

6.1. При работе со средствами поверки и поверяемым средством измерений должны быть соблюдены общие требования безопасности, установленные в документах ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правила эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей».

6.2. Монтаж и демонтаж электрических цепей преобразователей и средств поверки должны проводиться только при отключенном питании всех устройств.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие преобразователя следующим требованиям:

- соответствие комплектности и маркировки требованиям эксплуатационной документации и описанию типа;
- отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов.

7.2. В случае обнаружения несоответствия хотя бы по одному из вышеперечисленных требований преобразователь признается непригодным к использованию, поверка прекращается (до устранения нарушения).

7.3. Результаты внешнего осмотра считать положительными, если преобразователь удовлетворяет требованиям, указанным в п. 7.1.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1. Контроль условий поверки

8.1.1. Перед проведением операций поверки выполнить контроль условий окружающей среды.

8.1.2. Контроль осуществлять измерением влияющих факторов, указанных в п. 3 настоящей методики.

8.1.3. Результаты измерений условий окружающей среды должны быть в пределах, указанных в п. 3 настоящей методики.

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

8.2. Опробование.

8.2.1. Опробование проводят в соответствии с эксплуатационной документацией преобразователей.

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 при измерении размаха виброперемещения.

Закрепляют на вибростоле поверочной виброустановки 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 равном середине диапазона измерений относительного перемещения, 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 вихретоковый датчик кабелем КД-ВД к входу преобразователя КД-ВП. На вибростоле задают действительное значение виброперемещения S_D на базовой частоте 40 Гц не менее чем в пяти точках диапазона измерений, включая верхнее и нижнее значения диапазона. 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 преобразователя 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):

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

Преобразователь 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 таблице 1.

9.2. Определение неравномерности частотной характеристики.

Неравномерность частотной характеристики определяют на частотах равных 2; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 315 и 500 Гц при значении 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 вычисленное действительное значение коэффициента преобразования на базовой частоте по п. 9.1 вычисляют неравномерность частотной характеристики γ по формуле (5):

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

Преобразователь считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения неравномерности частотной характеристики не превышают значений, указанных в таблице 1.

9.3. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении относительного перемещения (осевого смещения).

Датчик преобразователя устанавливают 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 преобразователя подключают к мультиметру. Фиксируют начальное значение напряжения на выходе преобразователя.

Последовательно задают значения относительного 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 преобразователя 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.

Действительное значение коэффициента преобразования для измерений относительного перемещения (осевого смещения) определяется как усредненное значение по формуле (2).

Определяется значение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения определяют по формуле (3) и нелинейности амплитудной характеристики по формуле (4).

Преобразователь 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 таблице 1.

9.4 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 и неравномерности частотной характеристики не превышают допустимых 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 преобразователь 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 преобразователя передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 204
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

 А.Г. Волченко

Начальник лаборатории 204/3
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

 Н.В. Лункин