



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

М.П.

2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИХРЕТОКОВЫЕ RS

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

РТ-МП-649-204-2025

г. Москва

2024 г.

© 2004 Blackwell Publishing Ltd

ie

etc.

THE

Ы

Н

be:

OC

| | | |
|--|---|---|
| Диапазон измерений размаха виброперемещения (ампл.), мкм | от 10 до 400 | - |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 0,1 до 1000 | - |
| Нелинейность амплитудной характеристики, % | ± 10 | - |
| Неравномерность частотной характеристики при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц, дБ | $\pm 0,5$ | - |
| Диапазон измерений частоты вращения, об/мин | от 1 до 8000 | - |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты вращения, об/мин | $\pm(1+N \cdot 0,001)$, N – значение частоты вращения | - |

Таблица 2 – Метрологические характеристики (исполнение RS990 и RS991)

| Наименование характеристики | Значения характеристики | | | |
|--|-------------------------|-------|-----|-------|
| | 5 мм | 8 мм | NSv | 11 мм |
| Номинальное значение коэффициента преобразования, мА/мкм: | | | | |
| - в диапазоне от 0 до 100 мкм | | 0,16 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 125 мкм | | 0,128 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 150 мкм | | 0,107 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 200 мкм | | 0,08 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 254 мкм | | 0,06 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 300 мкм | | 0,05 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 400 мкм | | 0,04 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 2000 мкм | | 7,87 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 4000 мкм | | - | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 1200 мкм | | 13,33 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 1270 мкм | | 12,60 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 2000 мкм | | 16 | | 4 |
| - в диапазоне от 0 до 4000 мкм | | 7,87 | | 4 |
| Пределы отклонения коэффициента преобразования от номинального значения, % | ± 10 | | | |

| | | |
|--|---|---|
| Диапазоны измерений осевого перемещения (с проксиметром 990), мкм | от 0 до 100 от 0 до 125 от 0 до 150 от 0 до 200 от 0 до 254 от 0 до 300 от 0 до 400 от 0 до 2000 от 0 до 4000 | - |
| Диапазоны измерений осевого перемещения (с проксиметром 991), мкм | от 0 до 2000 от 0 до 4000 от 0 до 1200 от 0 до 1270 от 0 до 2000 от 0 до 4000 | |
| Диапазон значений выходного тока, мА | от 4 до 20 | |
| Пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования осевого перемещения в значения выходного тока, % | ± 10 | |

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

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1. При проведении первичной и периодической поверок преобразователей выполняют операции, указанные в таблице 3.

Таблица 3

| Наименование операции поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер пункта |
|---|--|-----------------------|--------------|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| 1 | 3 | 4 | 2 |
| Требования к условию проведения поверки | да | да | 6 |
| Внешний осмотр средства измерений | да | да | 7 |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | да | да | 8 |
| Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям | да | да | 9 |
| Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv) | да | да | 9.1 |
| Определение основной относительной погрешности измерений осевого перемещения (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv) | да | да | 9.2 |
| Определение нелинейности амплитудной характеристики (при измерении виброперемещения) (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv, датчики от 3 до 8 мм) | да | да | 9.3 |
| Определение неравномерности частотной характеристики при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv, датчики от 3 до 8 мм) | да | да | 9.4 |
| Определение абсолютной погрешности измерений частоты вращения (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv, датчики от 3 до 8 мм) | да | да | 9.5 |
| Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения (исполнение RS990 и RS991) | да | да | 9.6 |
| Определение основной приведенной погрешности преобразования осевого перемещения в значения выходного тока (исполнение RS990 и RS991) | да | да | 9.7 |

| | | | |
|--|----|----|-----|
| Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям. | да | да | 9.8 |
| Оформление результатов поверки | да | да | 10 |

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 4.

Таблица 4

| 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 |
| 9.1-9.8 | Средство воспроизведения длины в диапазоне от 0 мм до 50 мм, погрешность $\pm 0,003$ мм. Средство измерений напряжения постоянного тока от -24 до +24 В с погрешностью не более $\pm 0,1$ % 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 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 № 2360 от 26.09.2022 с диапазоном частоты от 0,01 до 1000 Гц | Головка микрометрическая цифровая серии 164 (рег. № 33793-07) Мультиметр цифровой Agilent 34411A (рег. № 33921-07) Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 (рег. № 68875-17) 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: 23 ± 5 °C
- 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 значения (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv).

Датчик преобразователя установить на специальном приспособление с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии начального зазора, указанного в технической документации на датчик (или на середине диапазона измерений, если не указано), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности датчика было перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход проксиметра подключить к мультиметру. Зафиксировать начальное значение напряжения на выходе проксиметра.

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 проксиметра 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:

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

где K_N – номинальное (паспортное) значение коэффициента преобразования.

9.2. Определение допускаемой основной относительной погрешности измерений осевого перемещения (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv).

Датчик преобразователя установить на специальном приспособлении с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии начального зазора, указанного в технической документации на датчик (или на середине диапазона измерений, если не указано), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности датчика было перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход проксиметра подключить к мультиметру. Зафиксировать начальное значение напряжения на выходе проксиметра.

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):

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

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

9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики (при измерении виброперемещения) (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv, датчики от 3 до 8 мм).

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, указанного в технической документации на датчик (или на середине диапазона измерений, если не указано), 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 при измерении виброперемещения в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000XL NSv, датчики от 3 до 8 мм).

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. 4.2.3 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 (исполнение RS9000XL, RSXL и RS9000 NSv, датчики от 3 до 8 мм).

Датчик преобразователя закрепить на стенде СП31. Задать поочередно следующие значения частоты вращения: 5; 1000; 3000 6000; 8000 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 СП31, 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. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения (исполнение RS990 и RS991).

Датчик преобразователя установить на специальном приспособлении с головкой микрометрической напротив образца металла на расстоянии начального зазора, указанного в технической документации на датчик (или на середине диапазона измерений, если не указано), таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности датчика было перпендикулярно к плоскости образца металла. Выход проксиметра подключить к мультиметру. Зафиксировать начальное значение напряжения на выходе проксиметра.

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 (11):

$$K_i = \frac{I_i - I_0}{S_i - S_0}, \text{ мА/мм} \quad (11)$$

где I_i – измеренное в i -той точки значение тока на выходе проксиметра с помощью мультиметра, мА;

I_0 – измеренное значение тока в начальной точке измерений, мА;

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 (12):

$$K_D = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}, \text{ (мА/мм)} \quad (12)$$

где n – число задаваемых значений осевого перемещения.

Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения определить по формуле (13):

$$\delta_K = \frac{K_D - K_N}{K_N} \cdot 100, \% \quad (13)$$

где K_N – номинальное (паспортное) значение коэффициента преобразования.

9.7. Определение допускаемой основной приведенной погрешности преобразования осевого перемещения в значения выходного тока (исполнение RS990 и RS991).

Используя результаты, полученные в п. 4.2.6, рассчитать значения относительной погрешности формирования выходного сигнала по формуле (14):

$$\delta = \frac{I_{изм} - I_3}{I_{max} - I_{mix}} \cdot 100, \% \quad (14)$$

где: $I_{изм}$ – значение тока, измеренное мультиметром на выходе канала;

I_3 – заданное значение тока, пересчитанное из значения, воспроизведенного генератором и рассчитанное по формуле (15);

I_{min}, I_{max} – нижний и верхний пределы диапазона выходного тока.

$$I_{зад} = \frac{S_i}{K_i}, \text{ (мА)} \quad (15)$$

9.8. 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 таблицах 1 и 2.

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.

Начальник отдела 204
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»

_____ А.Г. Волченко