

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИМС»

Ф.В. Булыгин

М.П.



16

07

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ ВИБРАЦИИ ZET 11X

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-29-2024

г. Москва
2024 г.

ДАТЧИКИ ВИБРАЦИИ ZET 11X
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 204/3-29-2024

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Настоящая методика распространяется на датчики вибрации ZET 11X (далее – датчики вибрации), изготовленные Обществом с ограниченной ответственностью «Электронные технологии и метрологические системы» (ООО «ЭТМС»), и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

Принцип действия датчиков вибрации основан на преобразовании механических воздействий в электрические сигналы, пропорциональные виброускорению. Конструктивно датчики вибрации представляют собой пьезокерамический чувствительный элемент, инерционную массу, электронную схему, сигнальные выводы и разъем, заключенные в металлический корпус.

Датчики вибрации ZET 11X выпускаются в следующих модификациях: ZET 110, ZET 111, ZET 112, ZET 114, ZET 115, ZET 117.

Датчики вибрации модификации ZET 110 выпускаются в исполнениях ZET 110A, ZET 110B, отличающихся между собой погрешностью измерений.

Датчики вибрации модификации ZET 111 выпускаются в исполнениях ZET 111A, ZET 111B, отличающихся между собой погрешностью измерений.

Датчики вибрации модификации ZET 114 выпускаются в исполнениях ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C, отличающихся между собой диапазоном измерений, и предназначены для измерения виброускорения и выдачи выходного сигнала, пропорционально виброскорости.

Датчики вибрации модификации ZET 117 выпускаются в исполнениях ZET117A и ZET 117B. Датчики вибрации модификации ZET 117 исполнения ZET117A предназначены для измерения виброускорения. Датчики вибрации ZET 117 исполнения ZET117B представляет собой датчик с цифровым интерфейсом, который может измерять виброускорение.

При проведении поверки датчиков вибрации ZET 11X, используется метод прямых измерений. При поверке датчиков вибрации, должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого СИ к Государственному первичному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела (ГЭТ 58-2018) по Государственной поверочной схеме для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772.

При проведении поверки датчиков вибрации ZET 11X для датчиков вибрации модификаций ZET 115, ZET 111, ZET 112, используется метод прямых измерений. При поверке датчиков вибрации, должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого СИ к Государственному первичному специальному эталону единиц ускорения при ударном движении (ГЭТ 57-84) по Государственной поверочной схеме для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 ноября 2021 г. № 2537.

Допускается возможность проведения поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений частот и амплитуд с указанием объема выполненной поверки в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и в свидетельстве о поверке.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики:

Таблица 1 - Метрологические характеристики датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B

| Наименование характеристики | Значения |
|--|-----------------|
| Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, мВ/(м·с ⁻²) | 10 |
| Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц, % | ± 10 |
| Диапазоны измерений амплитудного значения виброускорения, м/с ² | от 0,05 до 400 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 0,7 до 10000 |
| Нелинейность амплитудной характеристики, % | ± 2 |
| Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц: | |
| -для ZET 110A от 3,15 до 6300 Гц, %; | ± 4 |
| от 1,6 Гц до 10000 Гц, %; | ± 10 |
| от 0,7 Гц до 10000 Гц, дБ | ± 3 |
| -для ZET 110B от 3,15 до 8000 Гц, %; | ± 6 |
| от 1,6 Гц до 10000 Гц, %; | ± 10 |
| от 0,7 Гц до 10000 Гц, дБ | ± 3 |
| Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более | 5 |

Таблица 2- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 111 исполнений ZET 111A, ZET 111B

| Наименование характеристики | Значения |
|---|-----------------|
| Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, мВ/(м·с ⁻²) | |
| - исполнения ZET 111A, ZET 111B | 1 |
| Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, % | ± 10 |
| Диапазоны измерений: | |
| - амплитудного значения виброускорения, м/с ² | |
| - исполнения ZET 111A, ZET 111B | от 0,1 до 2000 |
| - пикового ударного ускорения, м/с ² | |
| - исполнения ZET 111A, ZET 111B | от 196 до 5000 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 0,5 до 15000 |
| Нелинейность амплитудной характеристики, % | ± 2 |
| Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц: | |
| -для исполнения ZET 111A -от 2 до 6300 Гц, % | ± 4 |
| -от 1,0 Гц до 10000 Гц, % | ± 10 |
| от 0,5 Гц до 15000 Гц, дБ | ± 3 |
| -для исполнения ZET 111B -от 2 до 8000 Гц, % | ± 6 |
| -от 1,0 Гц до 10000 Гц, % | ± 10 |
| от 0,5 Гц до 15000 Гц, дБ | ± 3 |
| Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более | 5 |

Таблица 3- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 112

| Наименование характеристики | Значения |
|--|-----------------|
| Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, пКл/(м·с ⁻²) | 1 |
| Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, % | ± 20 |
| Диапазоны измерений: | |
| - амплитудного значения виброускорения, м/с ² | от 0,5 до 2000 |
| - пикового ударного ускорения, м/с ² | от 196 до 10000 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 2 до 7000 |
| Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более | ± 4 |
| Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц, %: | |
| от 20 до 5000 Гц | ± 6 |
| от 2 до 7000 Гц | ± 12,5 |
| Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более | 5 |

Таблица 4- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 114 исполнений ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C

| Наименование характеристики | Значения |
|---|---------------|
| Номинальное значение коэффициента преобразования на опорной частоте 80 Гц, мА/(мм·с ⁻¹) | |
| - исполнение ZET 114A | 0,4 |
| - исполнение ZET 114B | 0,3 |
| - исполнение ZET 114C | 0,2 |
| Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, % | ± 20 |
| Диапазон выходного постоянного тока, мА | от 4 до 20 |
| Значение начального выходного постоянного тока, мА | от 3,5 до 4,5 |
| Диапазон измерений СКЗ выброскорости, мм/с | |
| - исполнение ZET 114A | от 0,1 до 40 |
| - исполнение ZET 114B | от 0,1 до 30 |
| - исполнение ZET 114C | от 0,1 до 20 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 10 до 1000 |
| Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 80 Гц, % | ±6 |
| Пределы дополнительной приведенной погрешности измерений СКЗ выброскорости к верхнему пределу диапазона измерений на базовой частоте 80 Гц, % | ±6 |

Таблица 5- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 115

| Наименование характеристики | Значения |
|--|----------------------------------|
| Номинальное значение коэффициента преобразования на опорной частоте 160 Гц, мВ/(м·с ⁻²) | 0,01 |
| Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, % | ± 10 |
| Диапазоны измерений: - амплитудного значения виброускорения, м/с ² - пикового ударного ускорения, м/с ² | от 10 до 2000 от 196 до 50000 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 10 до 15000 |
| Нелинейность амплитудной характеристики, % | ± 2 |
| Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц: от 10 до 10000 Гц, % от 10 до 15000 Гц, дБ | ± 10 ± 3 |
| Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более | 5 |

Таблица 6- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 117 исполнения ZET 117А

| Наименование характеристики | Значения |
|--|-----------------|
| Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, мВ/(м·с ⁻²) | 10 |
| Пределы отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, % | ± 10 |
| Диапазон измерений СКЗ виброускорения, м/с ² | от 0,1 до 500 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 0,8 до 7000 |
| Нелинейность амплитудной характеристики, % | ± 2 |
| Неравномерность частотной характеристики относительно опорной частоты 160 Гц, от 4 до 2500 Гц, % от 2 до 4000 Гц, % от 0,8 до 7000 Гц, дБ | ±4 ±10 ±3 |
| Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более | 5 |

Таблица 7- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 117 исполнения ZET 117В

| Наименование характеристики | Значения |
|---|-------------------|
| Диапазон измерения размаха виброускорения на базовой частоте 160, м/с ² | от 1 до 800 |
| Диапазон рабочих частот, Гц | от 5 до 10000 |
| Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений амплитуды виброускорения на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 117В, % | ±5 |
| Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц: от 10 до 5000 Гц, % от 8 до 8000 Гц, %: от 5 до 10000 Гц, дБ | ± 6 ± 12 ±3 |
| Пределы дополнительной приведенной погрешности измерений амплитуды виброускорения к верхнему пределу диапазона измерений на базовой частоте 160 Гц, % | ±1 |

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции указанные в таблице 8.

Таблица 8. Операции поверки

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Обязательность проведения операций при поверке | |
|---|-------------------------------|--|---------------|
| | | первичной | периодической |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Требования к условию проведения поверки | 5 | да | да |
| Внешний осмотр | 6 | да | да |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | 7 | да | да |
| Проверка программного обеспечения средства измерений ⁽¹⁾ | 8 | да | нет |
| Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A | 9.1 | да | да |
| Определение нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A | 9.2 | да | нет |
| Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A | 9.3 | да | да |
| Определение относительного коэффициента поперечного преобразования для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A | 9.4 | да | нет |
| Определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении пикового ударного ускорения для датчиков вибрации ZET 111, ZET 112 и ZET 115 | 9.5 | да | нет |
| Определение основной приведенной погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 117B | 9.6 | да | да |

| | | | |
|---|------|----|----|
| Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц для датчиков вибрации ZET 117B | 9.7 | да | да |
| Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и основной приведенной погрешности измерений на базовой частоте 80 Гц для датчиков вибрации ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C | 9.8 | да | да |
| Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 80 Гц для датчиков вибрации ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C | 9.9 | да | да |
| Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям | 9.10 | да | да |
| Оформление результатов поверки | 10 | да | да |

Примечания:

(1)– проверка программного обеспечения средства измерений проводится только для датчиков вибрации ZET 117B.

Проверка датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 117A проводится по пунктам 9.1-9.4 настоящей методики поверки. Для датчиков вибрации ZET 111 и ZET 112 проводится поверка при первичной поверке дополнительно по п. 9.5.

Проверка датчиков вибрации ZET 115 проводится по п. 9.1-9.5.

Проверка датчиков вибрации ZET 117B проводится по п. 9.6-9.7.

Проверка датчиков вибрации ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C проводится по п. 9.8-9.9.

2. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо применять основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 9.

Таблица 9. Средства поверки

| | | |
|----------------------|--|--|
| Номер пункта поверки | Наименование и тип основных или вспомогательных средств поверки, обозначение документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики. | Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификация |
| 5 | Средство измерений температуры от -10 °C до +60 °C с погрешностью не более ± 1 °C; Диапазоны: измерения температуры от -10 до +60 °C, ПГ $\pm 0,4$ °C; измерения относительной влажности от 10 до 95 %, ПГ ± 3 %; измерения абсолютного давления от 300 до 1200 гПа, ПГ ± 5 гПа | Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13 |
| 9.1 -9.4; 9.6-9.9 | Поверочная виброустановка 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 27 | Установка для поверки и калибровки |

| | | |
|---------|---|--|
| | декабря 2018 г. № 2772 в диапазоне рабочих частот и амплитуд поверяемого СИ | виброизмерительных преобразователей 9155 (рег. № 68875-17) |
| 9.5 | Проверочная виброустановка 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537 в диапазоне рабочих амплитуд поверяемого СИ | Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525, (рег. № 68875-17) |
| 9.8-9.9 | рабочий эталон 2-го разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 г. № 2091 в диапазоне измерений от 4 до 20 мА | Мультиметр 3458А (рег. № 25900-03) |

Допускается применять другие средства поверки, не приведенные в таблице 2, но обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К поверке допускаются лица имеющие необходимые навыки по работе с подобными средствами измерений, включая перечисленные в таблице 9, и ознакомленными с эксплуатационной документацией на поверяемое средство измерения и данной методикой поверки.

4. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные в ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.091-2012 и эксплуатационной документации фирмы-изготовителя.

5. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- относительная влажность от 20 до 95 %
- атмосферное давление $101 \pm 4 \text{ кПа}$

6. 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.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.

Проверяют работоспособность датчиков вибрации в соответствии с эксплуатационной документацией.

При подготовке к проведению поверки должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений корпуса, электрических разъемов.

В случае несоответствия хотя бы одному из выше указанных требований, датчик вибрации считается непригодной к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

Датчик вибрации должен быть подготовлен к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проводят поверку идентификационных данных программного обеспечения при поверке датчиков вибрации ZET 117B (по технической документации фирмы производителя) на соответствие таблице 10.

Таблица 10 – Идентификационные данные программного обеспечения

| Идентификационные данные (признаки) | Значения |
|---|----------------------------------|
| Идентификационное наименование ПО | ZETLAB |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | 6c8fa28942b3337e79341d74e44ecca0 |

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A.

Определение отклонения коэффициента преобразования от номинального значения проводится на эталонной виброустановке. Датчик вибрации устанавливают на вибровозбудитель эталонной виброустановки. На вибростенде воспроизводят виброускорение амплитудой 10 м/с² на базовой частоте 160 Гц. Определяют действительное значение коэффициента преобразования по формуле (1).

$$K_d = U_{\text{вых}} / a_{\text{ex}}, \text{ (мВ/(м·с}^2\text{))} \quad (1)$$

где:

$U_{\text{вых}}$ – значение напряжения, на выходе поверяемого датчика вибрации;

a_{ex} – значение ускорения, заданное на эталонной установке;

Отклонение коэффициента преобразования от номинального значения вычисляют по формуле:

$$\delta = \frac{K_d - K_n}{K_n} \cdot 100, \text{ (\%)} \quad (2)$$

где

K_n – номинальное значение коэффициента преобразования поверяемого датчика вибрации.

9.2. Определение нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A.

Определение нелинейности амплитудной характеристики определяют на частоте 160 Гц не менее чем в пяти точках диапазона измерения виброускорения, включая верхний и нижний пределы. Испытываемый датчик вибрации устанавливают на вибровозбудителе эталонной виброустановки. Нелинейность амплитудной характеристики при измерении виброускорения определяют по формуле:

$$\delta = \frac{K_i - K_{\text{ср}}}{K_{\text{ср}}} \cdot 100, \text{ (\%)} \quad (3)$$

где

K_i – коэффициент преобразования при i -том значении виброускорения;

$K_{\text{ср}}$ – среднее значение коэффициента преобразования рассчитанного по всем задаваемым точкам.

9.3. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц.

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц проводится на эталонной виброустановке. Датчик вибрации устанавливают на вибровозбудитель эталонной виброустановки. На вибростенде воспроизводят виброускорение определенной амплитуды (например, 10 м/с²) на десяти точках диапазона частот. Амплитуду колебаний поддерживают постоянной, на частотах где невозможно воспроизвести поддерживаемую амплитуду допускается задание амплитуды максимально воспроизводимой стендом на данной частоте. Определяют действительное значение коэффициента преобразования по формуле (1) при каждом значении частоты. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики определяют по формулам (4)-(5):

$$\gamma = \frac{K_i - K_{on}}{K_{on}} \cdot 100, (\%) \quad (4)$$

$$\gamma = 20 \lg \frac{K_i}{K_{on}}, (\text{дБ}) \quad (5)$$

где

K_i – значение коэффициента преобразования на одной из указанных выше частот;

K_{on} – значение коэффициента преобразования на базовой (опорной) частоте.

9.4. Определение относительного коэффициента поперечного преобразования для датчиков вибрации ZET 110A, ZET 110B, ZET 111A, ZET 111B, ZET 112, ZET 115, ZET 117A

Определение относительного коэффициента поперечного преобразования проводится на эталонной виброустановке при помощи специального переходника.

Датчик вибрации закрепить на эталонной виброустановке таким образом, чтобы измерительная ось датчика вибрации, для которой определяется коэффициента поперечного преобразования, была перпендикулярна оси вибратора.

Последовательно поворачивая датчик вибрации вокруг измерительной оси, для которой определяется коэффициент поперечного преобразования, на углы 0°, 90°, 180°, 270° зафиксировать в каждом положении значения выходного сигнала.

Измерения проводят на базовой частоте и при значении виброускорения от 20 до 50 м/с².

Значение относительного коэффициента поперечного преобразования определяют по формуле (6):

$$\Delta_{\Pi} = \frac{U_{\max}}{a_{\partial} K_{\partial}} 100, (\%) \quad (6)$$

где:

U_{\max} – максимальное значение напряжения на выходе датчика вибрации;

K_{∂} – действительное значение коэффициента преобразования датчика вибрации, определенное в п.9.1 по формуле (1);

a_{∂} – значение ускорения воспроизводимое на виброустановке.

9.5 Определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении пикового ударного ускорения для датчиков вибрации ZET 111, ZET 112 и ZET 115.

Проверку проводят на образцовой установке 2-го разряда с пиковым ударным акселерометром. Закрепить испытываемый акселерометр на ударном стенде и воспроизвести ударные импульсы (длительностью импульса от 0,2 до 2,5 мс) не менее чем в пяти точках диапазона измерения пикового ударного ускорения, включая верхний и нижний пределы.

В каждой точке рассчитать значение коэффициента преобразования по формуле (1).

Нелинейность амплитудной характеристики при измерении пикового ударного ускорения определяют по формуле (3).

9.6 Определение основной приведенной погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации ZET 117B.

Датчик вибрации закрепить на вибростоле эталонный виброустановки и подключить по цифровому интерфейсу к ПК.

На вибростоле измерить шум датчика вибрации, при выключеной виброустановки.

На эталонной виброустановки задают действительное значение виброускорения A_d на базовой частоте 160 Гц не менее чем в пяти точках диапазона измерений, включая верхний и нижний пределы диапазона измерений. Последовательно задают значения виброускорения, считывают значения виброускорения по поверяемому датчику вибрации по цифровому интерфейсу.

Основную приведенную погрешность измерения виброускорения на базовой частоте рассчитывают по формуле (7):

$$\delta = \frac{D_i - D_d}{D_{\text{в.п.}} - D_{\text{н.п.}}} \cdot 100, (\%) \quad (7)$$

где:

D_d – задаваемое значение виброускорения по эталонной виброустановке, м/с^2 ;

D_i – измеренное значение виброускорения по поверяемому датчику вибрации, м/с^2 ;

$D_{\text{в.п.}}$ – верхний предел диапазона измерений поверяемого датчика вибрации по цифровому индикатору, м/с^2 ;

$D_{\text{н.п.}}$ – нижний предел диапазона измерений поверяемого датчика вибрации по цифровому индикатору, м/с^2 ;

9.7 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц для датчиков вибрации ZET 117B.

Датчик вибрации закрепить на вибростоле эталонный виброустановки и подключить по цифровому интерфейсу к ПК.

Измерения производят не менее чем в десяти или более точках диапазона частот, включая верхнее и нижнее значения диапазона и базовую частоту, при заданном постоянном значении виброускорения. На частотах, где эталонная виброустановка не позволяет получить заданное значение виброускорения, допускается задать другое значение.

Значения неравномерности вычисляют по формулам (8)-(9):

$$\delta = 20 \cdot \frac{k_i}{k_b}, (\text{дБ}) \quad (8)$$

$$\delta = \frac{k_i - k_b}{k_b} \cdot 100, (\%) \quad (9)$$

где k_i – коэффициент преобразования на заданной частоте;

k_b – коэффициент преобразования на базовой частоте 160 Гц.

Коэффициент преобразования k_i , k_b вычисляется по формуле (10):

$$k = \frac{D_{\text{изм}}}{D_{\text{зад}}} \quad (10)$$

где $D_{\text{изм}}$ – измеренное значение виброускорения по поверяемому датчику вибрации, м/с^2 ;

$D_{\text{зад}}$ – заданное значение виброускорения по вибростенду, м/с^2

9.8 Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и основной приведенной погрешности измерений на базовой частоте 80 Гц для датчиков вибрации ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C

Датчик вибрации закрепить на вибростоле эталонной виброустановки.

Подключить датчик вибрации к мультиметру в режиме измерения постоянного тока.

Измерить значение тока на выходе датчика вибрации при отсутствии возбуждения на эталонной виброустановки, который должен лежать в диапазоне от 3,5 до 4,5 мА.

На базовой частоте 80 Гц при помощи эталонной виброустановки воспроизвести верхний предел диапазона измерения подключаемого датчика вибрации и измерить значение тока на выходе датчика вибрации.

Полученные значения записать в таблицу 11.

Таблица 11

| Задаваемое значение СКЗ виброскорости, мм/с | Измеренное значение тока на выходе, мА | Рассчитанное значение действительного коэффициента преобразования, мА/(мм·с ⁻¹) | Номинальное значение коэффициента преобразования, мА/(мм·с ⁻¹) | Отклонение действительного коэффициента преобразования от номинального значения, % | Пределы допустимого отклонения действительного коэффициента преобразования от номинального значения, % |
|---|--|---|--|--|--|
| V ₀ | I ₀ | | | | |

Действительное значение коэффициента преобразования датчика вибрации рассчитать по формуле (11):

$$K_d = \frac{I_{max} - I_0}{V_{max}}, \text{ мА/(мм·с}^{-1}\text{)} \quad (11)$$

где:

I_{max} – измеренное значение тока на выходе датчика вибрации при задании на эталонной виброустановки верхнего предела диапазона измерения подключаемого датчика вибрации;

V_{max} – верхний предел диапазона измерения подключаемого датчика вибрации, мм/с;

I₀ – измеренное значение тока на выходе датчика вибрации при отсутствии возбуждения на эталонной виброустановки.

На эталонной виброустановке воспроизвести значение виброскорости на базовой частоте 80 Гц в пяти точках диапазона измерений включая верхний и нижний предел диапазона измерения испытуемого датчика вибрации.

Определить измеренное значение виброскорости по испытываемому датчику вибрации по формуле (12):

$$V_{изм} = \frac{I_i - I_0}{K_d}, \text{мм/с} \quad (12)$$

где:

I_0 – измеренное значение тока на выходе датчика вибрации при отсутствии возбуждения на эталонной виброустановки.

I_i – измеренное значение тока на выходе датчика вибрации в i -ой точке измерения.

K_d – действительное значение коэффициента преобразования датчика вибрации рассчитанное по формуле 11.

Приведенную погрешность измерений рассчитать по формуле (13):

$$\delta = \frac{V_i - V_d}{V_{в.п.}} * 100, \% \quad (13)$$

где:

V_d – задаваемое значение виброскорости по эталонной виброустановке, мм/с;

V_i – измеренное значение виброскорости по испытываемому датчику вибрации (расчитанное по формуле 12), мм/с;

$V_{в.п.}$ – верхний предел диапазона измерений испытываемого датчика вибрации, мм/с;

9.9 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 80 Гц для датчиков вибрации ZET 114A, ZET 114B, ZET 114C

Датчик вибрации закрепить на вибростоле эталонной виброустановки.

Подключить датчик вибрации к мультиметру в режиме измерений постоянного тока.

Задать на десяти частотах диапазона рабочих частот испытываемого датчика вибрации включая верхний и нижние границы диапазона постоянное значение уровня виброскорости (например 10 мм/с или 5 мм/с – в зависимости от возможности эталонной виброустановки) и измерить в каждой точке значение тока на выходе испытываемого датчика вибрации.

Неравномерность АЧХ рассчитать по формуле (14):

$$\delta = \frac{I_i - I_6}{I_6} \cdot 100, (\%) \quad (14)$$

где:

I_i – значение тока на выходе датчика вибрации на i -ой частоте при опорном уровне виброскорости, мА

I_6 – значение тока на выходе датчика вибрации на базовой частоте при опорном уровне виброскорости, мА

9.10 Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Датчик вибрации считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если он прошел поверку по каждому пункту данной методики и все допустимые значения погрешностей не превышают допустимых значений, указанных в таблицах 1-7.

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1. Датчик вибрации, 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 датчик вибрации оформляется извещение о непригодности к применению.

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

10.4. Результаты поверки датчика вибрации передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 204
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Г. Волченко

Инженер 1-й категории
ФГБУ «ВНИИМС»



Д.В. Матвеев