

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по управлению качеством
ФГБУ «ВНИИМС»



А.А. Сатановский

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ ВИБРАЦИИ ZET 13X

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-30-2024

г. Москва
2024 г.

**ДАТЧИКИ ВИБРАЦИИ ZET 13X
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 204/3-30-2024**

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Настоящая методика распространяется на датчики вибрации ZET 13X (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 ZET 13X 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 являются трехкомпонентными датчиками с тремя взаимно перпендикулярными измерительными осями X, Y и Z.

Датчики вибрации ZET 13X выпускаются в следующих модификациях: ZET 136, ZET 137, ZET 138, ZET 139.

Датчики вибрации модификации ZET 136 выпускаются в следующих измерительных исполнениях: ZET 136A, ZET 136E, ZET 136B, ZET 136F, ZET 136C, ZET 136G, ZET 136D, ZET 136H.

Датчики вибрации модификации ZET 137 выпускаются в следующих измерительных исполнениях: ZET 137A, ZET 137F, ZET 137B, ZET 137G, ZET 137C, ZET 137H, ZET 137D, ZET 137I, ZET 137E, ZET 137J.

Датчики вибрации модификации ZET 138 выпускаются в следующих измерительных исполнениях: ZET 138A, ZET 138B.

Датчики вибрации модификации ZET 139 выпускаются в следующих измерительных исполнениях: ZET 139A, ZET 139G, ZET 139B, ZET 139H, ZET 139C, ZET 139I.

При проведении поверки датчиков вибрации ZET 13X, 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 13X модификации ZET 136 исполнений ZET 136A, ZET 136E, 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 модификации ZET 136 исполнения ZET 136A, ZET 136B, ZET 136C, ZET 136D, ZET 136E, ZET 136F, ZET 136G, ZET 136H.

Наименование характеристики	Значения
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, мВ/(м·с ²)	
ZET 136A, ZET 136E	0,4
ZET 136B, ZET 136F	1
ZET 136C, ZET 136G	2
ZET 136D, ZET 136H	4
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц, %	± 10
Диапазоны измерений:	
- амплитудного значения виброускорения, м/с ²	
ZET 136A, ZET 136E	от 0,5 до 2000
ZET 136B, ZET 136F	от 0,5 до 1960
ZET 136C, ZET 136G	от 0,5 до 980
ZET 136D, ZET 136H	от 0,1 до 490
- пикового ударного ускорения, м/с ²	
ZET 136A, ZET 136E	от 196 до 4900
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,5 до 10000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более	± 2
Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц:	
для датчиков вибрации модификации ZET 136 исполнений ZET 136A, ZET 136B, ZET 136C, ZET 136D:	
- не более ±4 %, Гц	от 0,5 до 3000
- не более ±10 %, Гц	от 0,5 до 5000
- не более ±3 дБ, Гц	от 0,5 до 10000
для датчиков вибрации модификации ZET 136 исполнений ZET 136E, ZET 136F, ZET 136G, ZET 136H	
- не более ±6 %, Гц	от 0,5 до 4000
- не более ±10 %, Гц	от 0,5 до 5000
- не более ±3 дБ, Гц	от 0,5 до 10000
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	5
Пределы допускаемого отклонения значения коэффициента преобразования от действительного значения в диапазоне рабочих температур, %	±2
<hr/>	
<i>Примечания:</i>	
указанные характеристики нормированы для всех трех взаимно перпендикулярных измерительных осей X, Y и Z	

Таблица 2- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 137 исполнений ZET 137A, ZET 137B, ZET 137C, ZET 137D, ZET 137E, ZET 137F, ZET 137G, ZET 137H, ZET 137I, ZET 137J

Наименование характеристики	Значения
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, мВ/(м·с ⁻²)	
ZET 137A, ZET 137F	2
ZET 137B, ZET 137G	4
ZET 137C, ZET 137H	10
ZET 137D, ZET 137I	20
ZET 137E, ZET 137J	40
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц, %	± 10
Диапазоны измерений амплитудного значения виброускорения, м/с ²	
ZET 137A, ZET 137F	от 0,5 до 390
ZET 137B, ZET 137G	от 0,5 до 190
ZET 137C, ZET 137H	от 0,1 до 60
ZET 137D, ZET 137I	от 0,1 до 38
ZET 137E, ZET 137J	от 0,1 до 13
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,5 до 1000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более	± 2
Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц: для датчиков вибрации модификации ZET 137 исполнений ZET 137A, ZET 137B: - не более ±4 %, Гц - не более ±12 %, Гц	от 0,5 до 500 от 0,5 до 1000
для датчиков вибрации модификации ZET 137 исполнений ZET 137C, ZET 137D, ZET 137E - не более ±4 %, Гц	от 0,5 до 1000
для датчиков вибрации модификации ZET 137 исполнений ZET 137F, ZET 137G - не более ±6 %, Гц - не более ±12 %, Гц	от 0,5 до 630 от 0,5 до 1000
для датчиков вибрации модификации ZET 137 исполнений ZET 137H, ZET 137I, ZET 137J - не более ±6 %, Гц	от 0,5 до 1000
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	5
Пределы допускаемого отклонения значения коэффициента преобразования от действительного значения в диапазоне рабочих температур, %	±2
<i>Примечания:</i> указанные характеристики нормированы для всех трех взаимно перпендикулярных измерительных осей X, Y и Z	

Таблица 3- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 138 исполнений ZET 138A, ZET 138B

Наименование характеристики	Значения
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 20 Гц, мВ/(м·с ⁻²) ZET 138A ZET 138B	200 1000
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 20 Гц, %	± 10
Диапазоны измерений амплитудного значения виброускорения, м/с ² ZET 138A ZET 138B	от 0,01 до 19 от 0,01 до 4
Диапазон рабочих частот, Гц ZET 138A ZET 138B	от 0,3 до 400 от 0,3 до 300
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более	± 10
Диапазон рабочих частот с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 20 Гц: для датчиков вибрации модификации ZET 138 исполнения ZET 138A: - не более ±6 %, Гц - не более ±10 %, Гц для датчиков вибрации модификации ZET 138 исполнения ZET 138A: - не более ±6 %, Гц - не более ±10 %, Гц	от 0,5 до 250 от 0,3 до 400 от 0,5 до 200 от 0,3 до 300
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	5
Пределы допускаемого отклонения значения коэффициента преобразования от действительного значения в диапазоне рабочих температур, %	±2
<hr/> Примечания: указанные характеристики нормированы для всех трех взаимно перпендикулярных измерительных осей X, Y и Z	

Таблица 4- Метрологические характеристики датчиков вибрации модификации ZET 139 исполнений ZET 139A, ZET 139B, ZET 139C, ZET 139G, ZET 139H, ZET 139I

Наименование характеристики	Значения
Диапазон преобразования значений ускорения по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z на базовой частоте 160 Гц, м/с ² ZET 139A, ZET 139G ZET 139B, ZET 139H ZET 139C, ZET 139I	от -72 до +72 от -144 до +144 от -360 до +360
Диапазон измерения СКЗ виброускорения по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z на базовой частоте 160 Гц, м/с ² ZET 139A, ZET 139G ZET 139B, ZET 139H ZET 139C, ZET 139I	от 0,1 до 50 от 0,1 до 100 от 0,1 до 250
Диапазон измерения СКЗ виброскорости по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z на базовой частоте 20 Гц, мм/с ZET 139A, ZET 139G ZET 139B, ZET 139H ZET 139C, ZET 139I	от 0,1 до 40 от 0,4 до 80 от 0,4 до 200
Диапазон измерения СКЗ виброперемещения по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z на базовой частоте 20 Гц, мм ZET 139A, ZET 139G ZET 139B, ZET 139H ZET 139C, ZET 139I	от 0,003 до 1 от 0,004 до 2 от 0,006 до 5
Диапазон рабочих частот, Гц - при преобразовании значений ускорения для всех исполнений: - при измерении СКЗ виброускорения для всех исполнений: - при измерении СКЗ виброскорости для всех исполнений: - при измерении СКЗ виброперемещения для всех исполнений:	от 0,1 до 1000 (оси X, Y, Z) от 10 до 1000 (оси X, Y, Z) от 10 до 1000 (оси X, Y, Z) от 10 до 200 (оси X, Y, Z)
Доверительные границы основной относительной погрешности измерений при доверительной вероятности 0,95 для модификации ZET 139 исполнений ZET 139A, ZET 139B, ZET 139C, %: - преобразования ускорения - измерений виброускорения - измерений виброскорости - измерений виброперемещения	± 4 ± 4 ± 4 ± 10
Доверительные границы основной относительной погрешности измерений при доверительной вероятности 0,95 для модификации ZET 139 исполнений ZET 139G, ZET 139H, ZET 139I, %: - преобразования ускорения - измерений виброускорения - измерений виброскорости - измерений виброперемещения	± 6 ± 6 ± 6 ± 10
<i>Примечания:</i> указанные характеристики нормированы для всех трех взаимно перпендикулярных измерительных осей X, Y и Z	

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции указанные в таблице 5.

Таблица 5. 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 модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138	9.1	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138	9.2	да	нет
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц для датчиков вибрации модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138	9.3	да	да
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования для датчиков вибрации модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138	9.4	да	нет
Определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении пикового ударного ускорения для датчиков вибрации ZET 136A, ZET 136E	9.5	да	нет
Определение относительной погрешности измерений и преобразований на базовой частоте 160 Гц для датчиков вибрации модификации ZET 139	9.6	да	да

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты 160 Гц для датчиков вибрации модификации ZET 139	9.7	да	да
Экспериментальное определение метрологических характеристик в режиме метрологического самоконтроля для датчиков вибрации модификаций ZET 136, ZET 138, ZET 139 в исполнениях ZET 136B, ZET 138A, ZET 138B, ZET 139A	9.8	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9.9	да	да
Оформление результатов поверки	10	да	да

Примечания:

(1)– проверка программного обеспечения средства измерений проводится только для датчиков вибрации модификации ZET 139.

Проверка датчиков вибрации модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138 проводится по пунктам 9.1-9.4 настоящей методики поверки. Для датчиков вибрации модификации ZET 136 исполнений ZET 136A, ZET 136E проводится при первичной поверке дополнительно по п. 9.5.

Проверка датчиков вибрации модификации ZET 139 проводится по п. 9.6-9.7.

2. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо применять основные средства поверки, приведенные в таблице 6.

Таблица 6. 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 ±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; 9.6-9.7	Поверочная виброустановка 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 в диапазоне рабочих частот и амплитуд поверяемого СИ	Установка для поверки и калибровки вибропреобразователей 9155 (рег. № 68875-17)
9.7	Спектр анализатор (октавный анализ) (Диапазон частот от 0,1 до 20000 Гц)	Контроллеры сбора данных ZET 028 (рег. № 74502-19)

9.5	Поверочная виброустановка 1-го и 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)
-----	---	--

*Для датчиков вибрации модификации ZET 136 исполнений ZET 136A, ZET 136B, ZET 136C, ZET 136D, модификации ZET 137 исполнений ZET 137A, ZET 137B, ZET 137C, ZET 137D, ZET 137E, модификации ZET 139 исполнений ZET 139A, ZET 139B, ZET 139C при проведение поверки использовать поверочную виброустановку 1-го разряда, для остальных модификаций применять поверочную виброустановку 2-го разряда.

При проведении поверки необходимо применять вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 7.

Таблица 7. Вспомогательные средства поверки

Номер пункта поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии - обозначения типа, модификация
9.8	Контроллеры сбора данных ZET 02X, ZET 03X (рег. № 74502-19)

Допускается применять другие средства поверки, не приведенные в таблице 6, 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 6, и ознакомленные 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, 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 встроенного программного обеспечения при поверке датчиков вибрации модификации ZET 139 (по технической документации фирмы производителя) для внешнего программного обеспечения смотрится наименование и версия ПО. Данные версии ПО должны быть не ниже указанных в таблице 8.

Таблица 8. Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Встроенная часть ПО	
Идентификационное наименование ПО	ZET 139
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже 30.01
Цифровой идентификатор ПО	B92568E7D5B879AF898699A901A35757
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	md5
Автономная часть ПО	
Идентификационное наименование ПО	ZETLAB
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже 2024.07.04
Цифровой идентификатор ПО	6c8fa28942b3337e79341d74e44ecc0
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	md5

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 для датчиков вибрации модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138.

Определение отклонения коэффициента преобразования от номинального значения проводится на эталонной виброустановке. Датчик вибрации устанавливают на вибровозбудитель эталонной виброустановки поочередно для каждой измерительной оси X, Y, Z. На вибростенде воспроизводят виброускорение амплитудой 10 м/с^2 (для датчика модификации ZET 138B – 1 м/с^2) на базовой частоте в зависимости от типа датчика. 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 для датчиков вибрации ZET 136, ZET 137, ZET 138.

Определение нелинейности амплитудной характеристики (проводят поочередно для каждой измерительной оси X, Y, Z) определяют на базовой частоте в зависимости от типа датчика не менее чем в пяти точках диапазона измерения виброускорения, включая верхний и нижний пределы. Испытываемый датчик вибрации устанавливают на вибровозбудитель эталонной виброустановки. Нелинейность амплитудной характеристики при измерении виброускорения определяют по формуле:

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

где

K_i – коэффициент преобразования при i -том значении виброускорения;

K_{cp} – среднее значение коэффициента преобразования рассчитанного по всем задаваемым точкам.

9.3. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты для датчиков вибрации модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты проводится на эталонной виброустановке поочередно для каждой измерительной оси X, Y, Z. Датчик вибрации устанавливают на вибровозбудитель эталонной виброустановки. На вибростенде воспроизводят виброускорение определенной амплитуды (например, 10 м/с^2) на десяти точках диапазона частот равномерно расположенных в диапазоне частот включая нижнюю и верхнюю границы. 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):

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

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

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 модификации ZET 136, ZET 137, ZET 138.

Определение относительного коэффициента поперечного преобразования проводится на эталонной виброустановке при помощи специального переходника поочередно для каждой измерительной оси X, Y, Z.

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

Измерения проводят на базовой частоте и при одной фиксированной амплитуде, например, 10 м/с^2 .

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

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

где:

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

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

a_{δ} – значение виброускорения, воспроизведенное на виброустановке.

9.5 Определение нелинейности амплитудной характеристики при измерении пикового ударного ускорения для датчиков вибрации ZET 136A, ZET 136E.

Проверку проводят на эталонной 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 относительной погрешности измерений и преобразований на базовой частоте для датчиков вибрации модификации ZET 139.

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

Определение основной относительной погрешности измерений на базовой частоте в зависимости от проверяемого параметра 20 Гц или 160 Гц проводится поочередно для каждой измерительной оси X, Y, Z при измерении виброускорения, виброскорости и виброперемещения.

На эталонной виброустановки задают действительное значение виброускорения A_d (скорости, перемещения) на базовой частоте (в зависимости от проверяемого параметра) не менее чем в пяти точках диапазона измерений, включая верхний и нижний пределы диапазона измерений. Последовательно задают значения виброускорения, считывают значения виброускорения по испытуемому датчику вибрации по цифровому интерфейсу.

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

$$\delta = \frac{D_i - D_d}{D_d} * 100, \% \quad (7)$$

где:

D_d – задаваемое значение виброускорения (виброскорость, виброперемещение) по эталонной виброустановке, м/с^2 (мм/с ; мкм);

D_i – измеренное значение виброускорения (виброскорость, виброперемещение) по испытуемому датчику вибрации, м/с^2 (мм/с ; мкм).

Относительную погрешность преобразований определяют по СКЗ виброускорения, на эталонной виброустановке закрепить датчик, задать следующие значения размаха виборускорения:

для датчиков ZET 139A, ZET 139G: $\pm 0,141; \pm 1; \pm 10; \pm 20; \pm 40; \pm 72 \text{ м/с}^2$, что соответствует следующим значениям СКЗ виброускорения: 0,099; 0,707; 7,07; 14,142; 28,28 и $59,91 \text{ м/с}^2$

для датчиков ZET 139B, ZET 139H: $\pm 0,141; \pm 1; \pm 10; \pm 20; \pm 40; \pm 72; \pm 100; \pm 144 \text{ м/с}^2$, что соответствует следующим значениям СКЗ виброускорения: 0,099; 0,707; 7,07; 14,142; 28,28; $59,91; 70,71$ и $101,82 \text{ м/с}^2$

для датчиков ZET 139C, ZET 139I: $\pm 0,141; \pm 1; \pm 10; \pm 20; \pm 40; \pm 72; \pm 100; \pm 144; \pm 200; \pm 250 \text{ м/с}^2$, что соответствует следующим значениям СКЗ виброускорения: 0,099; 0,707; 7,07; 14,142; 28,28; $59,91; 70,71; 101,82; 141,42$ и $176,77 \text{ м/с}^2$

Относительную погрешность рассчитать по формуле (7)

9.7 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты для датчиков вибрации модификации ZET 139.

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты для датчиков вибрации модификации ZET 139.

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

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно базовой частоты проводится поочередно для каждой измерительной оси X, Y, Z.

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):

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

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

где k_i – коэффициент преобразования на заданной частоте;

k_b – коэффициент преобразования на базовой частоте.

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 испытуемому датчику вибрации, м/с^2 ;

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

При определении неравномерности амплитудно-частотной характеристики при преобразовании значений ускорения для всех исполнений в диапазоне частот ниже 5 Гц определение неравномерности проводится по спектральному анализу при помощи контроллера ZET 028.

9.8 Экспериментальное определение метрологических характеристик в режиме метрологического самоконтроля для датчиков вибрации модификаций ZET 136, ZET 138, ZET 139 в исполнениях ZET 136B, ZET 138A, ZET 138B, ZET 139A.

Для датчиков ZET 136B и ZET 138 режим метрологического самоконтроля организуется с использованием контроллеров ZET 02X или ZET 03X (допустима замена на аналоги, с метрологическими характеристиками не хуже указанных). Разъемы «X», «Y», «Z» датчиков ZET 136B и ZET 138 подключаются на входные каналы контроллера, разъем «T» – на выход контроллера.

Настройки измерительных каналов контроллера при проведении метрологического самоконтроля датчиков ZET 136B и ZET 138 должны соответствовать следующими:

- Чувствительность по каждому измерительному каналу – 0,001 В/мВ;
- Частота дискретизации – 50 кГц;
- КУ внешнего усилителя – 1;
- Опорное значение – 0,001;
- Тип входного сигнала – АС (только для ZET 136B, для ZET 138 параметр должен быть не активным);
- Диапазон – 10000 мВ;
- Использовать ICP.

Тестовый сигнал подаётся при помощи программы «Генератор сигналов» из программного обеспечения ZETLAB.

Настройки программы при проведении метрологического самоконтроля датчиков ZET 136B должны соответствовать:

- Тип сигнала – «Имп» (вкладка Имп);
- Частота – 25 Гц;
- Амплитуда – 3 В;
- Скважность – 0,5.

При проведении метрологического самоконтроля датчиков ZET 138 необходимо использовать два типа генерируемых сигнала, со следующими настройками:

- Тип сигнала 1 – «Синус» (вкладка Синус);
- Частота – 1000 Гц;
- Уровень – 0 В;
- Смещение – 6 В;
- Тип сигнала 2 – «Шум» (вкладка Шум);
- Уровень – 0,3 В;
- Частота начальная – 0,5 Гц;
- Частота конечная – 5000 Гц;
- Кортозис – 3;
- Тип шума – Предбеленный.

Оценка результатов метрологического самоконтроля для датчиков ZET 136B осуществляется в программе «Узкополосный спектр» из состава программного обеспечения ZETLAB, со следующими настройками:

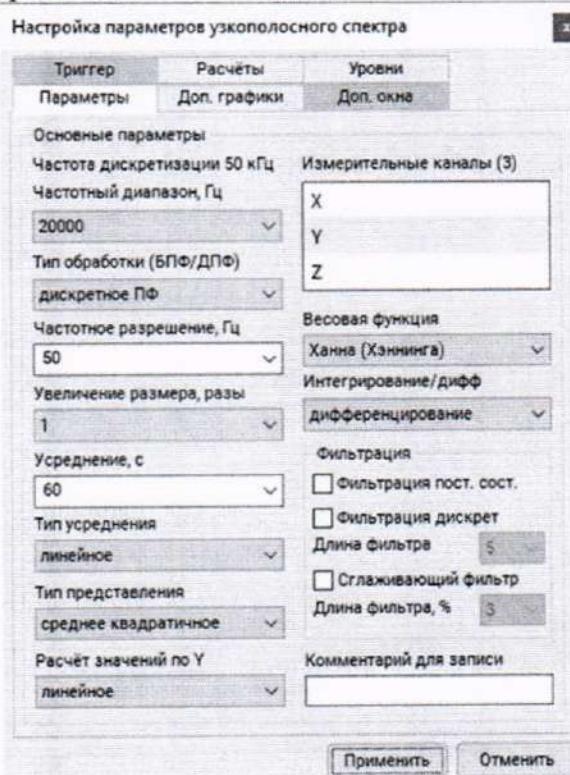


Рисунок 1 –настройка параметров узкополосного фильтра

Оценка результатов метрологического самоконтроля для датчиков ZET 138 осуществляется в программе «Взаимный узкополосный спектр» из состава программного обеспечения ZETLAB, со следующими настройками:

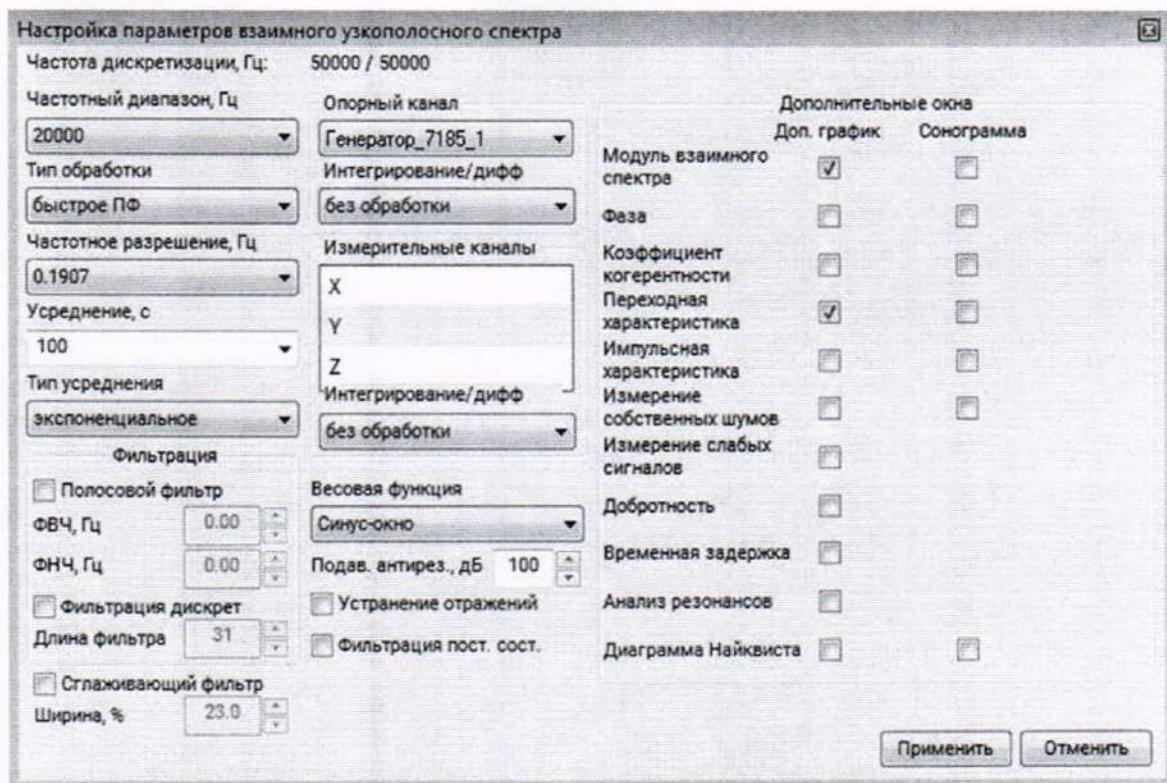


Рисунок 2 – настройка параметров взаимного узкополосного спектра.

Для датчиков ZET 139A USB режим метрологического самоконтроля организуется путем активации встроенных режимов метрологического самоконтроля «Частота 1» и «Частота 2» в настройках датчика во вкладке «Самоконтроль».

Для формирования сигнала вектора ускорения необходимо воспользоваться программой «Формула» из состава программного обеспечения ZETLAB, со следующими настройками:

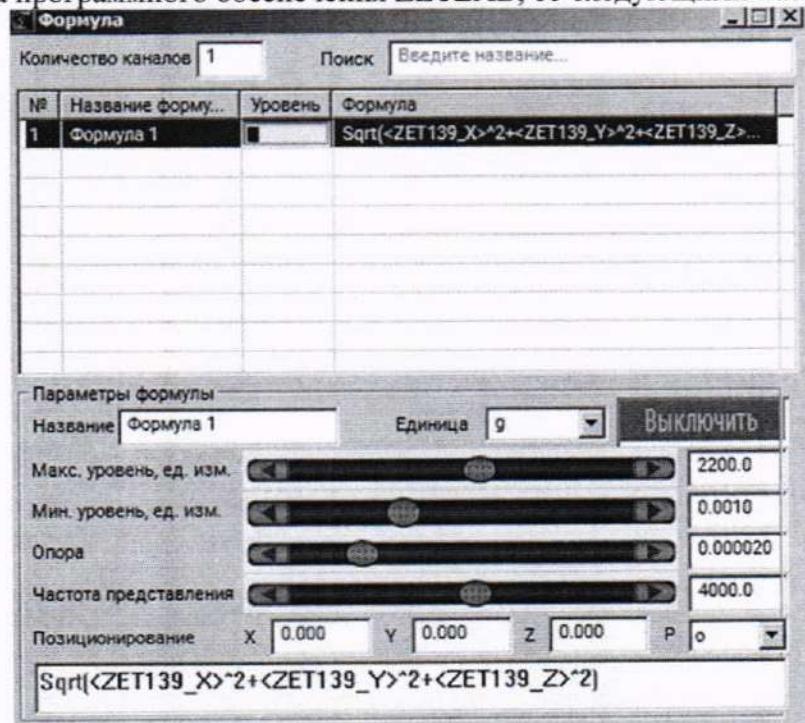


Рисунок 3 – настройка программы формула.

Оценка результатов метрологического самоконтроля датчиков ZET 139A USB осуществляется в программе «Вольтметр переменного тока» из состава программного обеспечения ZETLAB.

Результаты поверки считаются положительным, если они соответствуют:

- для датчиков модификации ZET 136B:

Уровень опорного значения в режиме самоконтроля на опорной частоте 1000 Гц должен находиться в пределах от 6250 до 8250 мВ/с по каждой измерительной оси. В паспорте на каждый конкретный датчик при выпуске с производства должно указываться фактическое значение опорного значения.

Пределы допускаемого отклонения значения от опорного, в режиме самоконтроля, не должны превышать $\pm 10\%$ по каждой измерительной оси.

Отклонение значений при определении амплитудно-частотной характеристики каждой измерительной оси относительно опорной частоты 1000 Гц, на частотах 50 Гц, 200 Гц, 5000 Гц и 10000 Гц не должно превышать 10 %.

Частота резонанса в режиме метрологического самоконтроля должна быть не ниже 20000 Гц для каждой измерительной оси.

- для датчиков модификации ZET 138:

Уровень опорного значения в режиме самоконтроля на опорной частоте 20 Гц должен находиться в пределах от 0,9 до 1,1 по каждой измерительной оси. В паспорте на каждый конкретный датчик при выпуске с производства должно указываться фактическое значение опорного значения.

Пределы допускаемого отклонения значения от опорного, в режиме самоконтроля, не должны превышать $\pm 10\%$ по каждой измерительной оси.

Отклонение значений при определении амплитудно-частотной характеристики каждой измерительной оси относительно опорной частоты 20 Гц, полученные на частотах третьоктавного ряда в диапазоне от 1 до 400 Гц (для датчиков ZET 138A) и от 1 до 300 Гц (для датчиков ZET 138B) не должно превышать 10 %.

Частота резонанса в режиме метрологического самоконтроля должна находиться в диапазоне:

- от 3 кГц до 4 кГц для модификаций датчиков ZET 138A;
- от 1 кГц до 2 кГц для модификаций датчиков ZET 138B.

- для датчиков модификации ZET 139A USB:

Опорное значение ускорения в режиме самоконтроля “Частота 1” должно находиться в пределах от 0,1 g до 0,5 g.

В паспорте на каждый конкретный датчик при выпуске с производства должно указываться фактическое значение опорного ускорения.

Уровень опорного ускорения в режиме самоконтроля “Частота 2” должен соответствовать 0,49 g.

Пределы допускаемого отклонения значения ускорения от опорного, указанного в паспорте в режиме самоконтроля “Частота 1” и допускаемого отклонения значения ускорения от опорного, в режиме самоконтроля “Частота 2”, не должны превышать $\pm 40\text{ mg}$.

9.9 Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Для датчиков вибрации модификации ZET 139 рассчитать доверительные границы относительной погрешности по формуле (11).

$$\delta = 1,1\sqrt{\delta_{\vartheta m} + \delta_{A\chi X} + \delta_{omn}} \quad (11)$$

где: $\delta_{\vartheta m}$ – погрешность эталонной установки для датчиков исполнений ZET 139A, ZET 139B, ZET 139C (1-го разряда), для датчиков ZET 139G, ZET 139H, ZET 139I (2-го разряда)

$\delta_{A\chi X}$ – полученная неравномерность АЧХ в п. 9.7

δ_{omn} – относительная погрешность измерения на базовой частоте определенная в пункте 9.6

Датчик вибрации считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если он прошел поверку по каждому пункту данной методики и все допустимые значения погрешности не превышают допустимых значений, указанных в таблицах 1-4.

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