



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

«07» 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМИЧНОСТИ ZET 7057

Методика поверки

РТ-МП-1125-204-2025

г. Москва
2025 г.

1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на устройства регистрации сейсмичности ZET 7057 (далее - устройства), изготовленные ООО «ЭТМС», и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Принцип действия устройств основан на преобразовании низкочастотного виброускорения в трех взаимно ортогональных направлениях X, Y, Z или его электрического эквивалента (напряжения) в пропорциональный электрический сигнал и формировании дискретных сигналов, инициирующих аварийную автоматическую остановку при интенсивности землетрясения более установленного значения.

Устройства содержат трехкомпонентный чувствительный элемент, обеспечивающий измерение значений виброускорений одновременно по трем ортогональным направлениям.

Аналоговые сигналы, преобразованные при помощи аналого-цифрового преобразователя (далее - АЦП) в цифровой вид, обрабатываются микроконтроллером, который в свою очередь управляет программируемой логической интегральной схемой (далее - ПЛИС) с целью формирования сигналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ (эквивалентных зарегистрированным значениям виброускорений) и обобщенного сигнала АО (модуль вектора сейсмоускорения) в формате 4-20 мА, а также сигналов вида «Сухой контакт» в случае регистрации превышений установленных пороговых значений.

Интерфейс RS485 предназначен для настройки устройства в том числе и для установки пороговых значений.

Устройства регистрации сейсмичности ZET 7057 выпускаются в двух исполнениях, отличающихся отсутствием или наличием корпуса. Устройства регистрации сейсмичности ZET 7057 стандартного исполнения выпускаются в едином корпусе. Устройства регистрации сейсмичности ZET 7057 в OEM-исполнении представляют собой измерительную плату с трехкомпонентным акселерометром без заключения компонентов в корпус.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого СИ к:

- ГЭТ 58-2018 «Государственный первичный специальный эталон единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела» в соответствии с поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2772;

- ГЭТ 159-2011 «Государственный первичный специальный эталон единиц длины, скорости, ускорения и плоского угла для сейсмометрии в диапазоне частот 0,001...30 Гц» в соответствии с поверочной схемой, утвержденной ГОСТ Р 8.852-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины, скорости, ускорения и плоского угла для сейсмометрии».

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 декабря 2018 г. № 2772 и метод прямых измерений в соответствии с ГОСТ Р 8.852-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины, скорости, ускорения и плоского угла для сейсмометрии».

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, указанные в Приложении А.

Методика поверки допускает возможность проведения поверки меньшего количества измерительных каналов из состава средства измерений, меньшего числа измеряемых величин и поддиапазонов измерений.

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1. При проведении первичной и периодической поверок устройств выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – 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
Проверка диапазона измерений виброускорения, определение приведенной погрешности преобразования и определение нелинейности функции преобразования каналов $A_p(X)$, $A_p(Y)$, $A_p(Z)$	9.1	да	нет
Проверка частотного диапазона измерений и предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для каналов $A_p(X)$, $A_p(Y)$, $A_p(Z)$	9.2	да	нет
Определение основной приведенной погрешности каналов и определение значения нелинейности функции преобразования каналов $A_p(X)$, $A_p(Y)$, $A_p(Z)$ с помощью внешнего генератора	9.3	да	да
Проверка частотного диапазона измерений и предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для каналов $A_p(X)$, $A_p(Y)$, $A_p(Z)$ при помощи внешнего генератора	9.4	да	да
Проверка скорости затухания АЧХ за пределами частотного диапазона измерений для каналов $A_p(X)$, $A_p(Y)$, $A_p(Z)$ при помощи внешнего генератора	9.5	да	да
Определение основной приведенной погрешности канала АО при помощи внешнего генератора	9.6	да	да
Проверка предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для канала АО	9.7	да	да
Определение пределов допускаемой основной приведенной погрешности срабатывания порогов в поддиапазоне от 0,1 до 2,0 м/с ²	9.8	да	да
Определение пределов допускаемой основной приведенной погрешности срабатывания порогов в поддиапазоне от 0,05 до 0,1 м/с ²	9.9	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9.10	да	да

2.2. При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится и результаты оформляются в соответствии с п. 11.2.

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от +18 до +26 °C
- 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 поверяемое устройство 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 2, и ознакомленными с эксплуатационной документацией на устройства 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 2.

Таблица 2 – 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 °C до +60 °C, с погрешностью ± 1 °C; Средство измерений относительной влажности от 10 % до 95 % с погрешностью ± 3 %	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
8.2. Опробование	Рабочий эталон 2-го разряда по приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 в диапазоне значений от 0,1 до 20 мА	Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07;
9.1. Проверка диапазона измерений виброускорения, определение приведенной погрешности преобразования и определение нелинейности функции преобразования каналов Ar(X), Ar(Y), Ar(Z)	Вторичный эталон в соответствии с ГОСТ Р 8.852-2013 (диапазон значений виброускорения от 0,01 до 5,6 м/с ² и диапазон частот от 0,1 до 30 Гц)	Государственный вторичный эталон единиц длины, скорости и ускорения, рег. № 2.1.ZZM.0520.2025;
9.2. Проверка частотного диапазона измерений и предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для каналов Ar(X), Ar(Y), Ar(Z)	Вторичный эталон в соответствии с приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 (диапазон значений виброускорения от 0,01 до 5,6 м/с ² и диапазон частот от 0,1 до 64 Гц)	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155, рег. № 68875-17

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.3. Определение основной приведенной погрешности каналов и определение значения нелинейности функции преобразования каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ с помощью внешнего генератора	Средства измерений, предназначенные для воспроизведения напряжения переменного тока в диапазоне напряжений от 0,001 до 10 В в диапазоне частот от 0,1 до 64 Гц с погрешностью установки уровня не более $\pm 1\%$	Генератор сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS360, рег. № 45344-10;
9.4. Проверка частотного диапазона измерений и предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ при помощи внешнего генератора	Рабочий эталон 2 разряда по приказу Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 в диапазоне значений от 1 мВ до 10 В; Средство воспроизведений электрического сопротивления от 0,1 до 100 Ом, класс точности 0,02	Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07; Магазин сопротивлений ПрофКИП Р4831, рег. № 80016-20;
9.5. Проверка скорости затухания АЧХ за пределами частотного диапазона измерений для каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ при помощи внешнего генератора	Средство воспроизведения и измерений напряжения переменного тока в диапазоне значений от 1 мВ до 7 В в диапазоне частот от 0,1 до 64 Гц с погрешностью $\pm(0,005 \cdot U_{\text{ген}} + 10)$ мВ с функцией узкополосного фильтра;	Контроллер сбора данных многоканальный ZET 028, рег. № 74502-19;
9.6. Определение основной приведенной погрешности канала АО при помощи внешнего генератора	Рабочий эталон 2-го разряда по приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 в диапазоне значений от 0,1 до 20 мА	Мультиметр цифровой Agilent 34411A, рег. № 33921-07;
9.7. Проверка предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для канала АО		
9.8. Определение пределов допускаемой основной приведенной погрешности срабатывания порогов в поддиапазоне от 0,1 до 2 м/с ²		
9.9. Определение пределов допускаемой основной приведенной погрешности срабатывания порогов в поддиапазоне от 0,05 до 0,1 м/с ²		

Примечание к таблице 2:

- 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 устройства и средств поверки должны проводиться только при отключенном питании всех устройств.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие устройства 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 устройство признается непригодным к использованию, поверка прекращается (до устранения нарушения).

7.3. Результаты внешнего осмотра считать положительными, если устройство 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. При помощи кабеля подключить преобразователь интерфейса RS-485 к разъему «ПРОВЕРКА» ZET 7057. Подключить преобразователь интерфейса RS-485 к компьютеру. Подать питание.

8.2.2. Используя комплект технологических кабелей подключить контакт «Ap(X)» разъема «СИА3» ZET 7057 на вход мультиметра.

8.2.3. Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

8.2.4. Измерить значение силы выходного постоянного тока устройства с контакта «Ap(X)» разъема «СИА3».

8.2.5. Повторить пп. 8.2.2 - 8.2.4 для контактов «Ap(Y)», «Ap(Z)» и «АО» разъема «СИА3».

8.2.6. Устройство считается выдержавшим проверку, если на контактах «Ap(X)», «Ap(Y)», «Ap(Z)» присутствует ток со средним значением $12 \pm 0,4$ мА, а на контакте «АО» - ток со значением $4 \pm 0,2$ мА.

8.3. Проверка работы в режиме метрологического саморегистрации

8.3.1. Подключить ZET 7057 к компьютеру с помощью преобразователя интерфейса RS485 в соответствии с руководством по эксплуатации ЭТМС.411126.001 РЭ. Включить сейсмодатчик подав на него электропитание через соответствующий разъем.

8.3.2 Запустить на компьютере программу «zet7057_cli.exe». В окне программы «zet7057_cli.exe» ввести команду «open 2 comX», где X - номер COM-порта преобразователя интерфейса RS485. Нажать на клавиатуре клавишу Enter.

8.3.3 В окне программы «zet7057_cli.exe» ввести команду «set mode=selftest» и нажать на клавиатуре клавишу Enter. Повторно нажать на клавиатуре клавишу Enter.

8.3.4 В строках параметров Self-test X, Self-test Y, Self-test Z отображаются значения ускорения по осям X, Y, Z, в формате $a - b = c$, где:

a – текущее значение ускорения, м/с^2 ;

b – опорное значение ускорения, утвержденное метрологической службой завода-изготовителя и указанное в паспорте на устройство, м/с^2 ;

c – текущее отклонение значения от опорного, м/с^2 .

8.3.5 Устройство считается прошедшим проверку по данному пункту методики, если отклонение измеренного значения ускорения от опорного при проведении метрологического саморегистрации не превышает $\pm 0,5 \text{ м/с}^2$.

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

9.1 Проверка диапазона измерений виброускорения, определение приведенной погрешности преобразования и определение нелинейности функции преобразования каналов $\text{Ap}(X)$, $\text{Ap}(Y)$, $\text{Ap}(Z)$.

9.1.1 Используя комплект технологических кабелей подключить контакт « $\text{Ap}(X)$ » разъема «СИА3» ZET 7057 на вход через тройник совместно с магазином сопротивлений. Выставить на магазине сопротивлений значение равное 50 Ом.

9.1.2 Запустить программное обеспечение ZETLAB. В программе «Диспетчер устройств» раздела «Сервисные» панели ZETLAB установить следующие настройки канала $\text{Ap}(X)$: чувствительность - 1 мВ/мА; КУ внешнего усиления - 50.

9.1.3 Закрепить ZET 7057 на расширительном столе вибрационной установки таким образом, чтобы направление оси $\text{Ap}(X)$ совпадало с направлением колебаний вибростола.

9.1.4 Установить коэффициент преобразования $\text{Ap}(X)$ равным 100 мА/($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$).

9.1.5 В соответствии с эксплуатационной документацией, задать на вибрационной установке воздействие синусоидальной вибрации частотой 10 Гц, амплитудой 0,01 м/с^2 .

9.1.6 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.1.7 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта « $\text{Ap}(X)$ » разъема «СИА3» при помощи программы «Узкополосный спектр».

9.1.8 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на заданной амплитуде сигнала по формуле:

$$K_d = \frac{0,01 \cdot I_{\text{вых}}}{a_{\text{эт}}}, \quad (1a)$$

где $a_{\text{эт}}$ – заданное значение виброускорения, м/с^2 ;

$I_{\text{вых}}$ – измеренное значение силы переменного тока на выходе устройства, мА.

9.1.9 Вычислить основную приведенную погрешность канала по формуле

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{a_{\text{эт}} - 0,01 \cdot I_{\text{вых}}}{a_{\text{норм}}} \cdot 100 \% \quad (16)$$

где $a_{\text{норм}}$ – нормирующее значение, равное максимальному значению диапазона измерений виброускорения, м/с^2 .

9.1.10 Повторить пп. 9.1.5 - 9.1.9 при этом, установив на вибрационной установке виброускорение равное 0,05 м/с^2 .

9.1.11 Установить коэффициент преобразования $\text{Ap}(X)$ равным 1 мА/($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$).

9.1.12 Задать на вибрационной установке воздействие синусоидальной вибрации частотой 10 Гц, амплитудой 2 м/с².

9.1.13 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта «Ap(X)» разъема «СИАЗ».

9.1.14 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на заданной амплитуде сигнала по формуле:

$$K_d = \frac{I_{\text{вых}}}{a_{\text{эт}}}, \quad (1в)$$

где $a_{\text{эт}}$ – заданное значение виброускорения, м/с².

$I_{\text{вых}}$ – измеренное значение силы переменного тока на выходе устройства, мА.

9.1.15 Вычислить основную приведенную погрешность канала по формуле

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{a_{\text{эт}} - I_{\text{вых}}}{a_{\text{норм}}} \cdot 100 \% \quad (1г)$$

где $a_{\text{норм}}$ – нормирующее значение, равное максимальному значению диапазона измерений виброускорения, м/с².

9.1.16 Повторить пп. 9.1.12 – 9.1.15, последовательно устанавливая на вибрационной установке значения виброускорения равные 0,5 м/с² и 5,6 м/с².

9.1.17 Определить среднее арифметическое значение действительного коэффициента преобразования по формуле:

$$K_{\text{дср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{дi}}}{n} \quad (1д)$$

где n – число значений задаваемого виброускорения при определении нелинейности амплитудной характеристики,

$K_{\text{дi}}$ – значение коэффициента преобразования, рассчитанное для каждого значения задаваемого виброускорения.

9.1.18 Определить для каждого значения задаваемого виброускорения относительное отклонение действительного коэффициента преобразования от среднего арифметического значения по формуле:

$$\delta = \frac{|K_{\text{дi}} - K_{\text{дср}}|}{K_{\text{дср}}} \cdot 100 \% \quad (1е)$$

Определить нелинейность функции преобразования канала Ap(X), как максимальное значение, вычисленное по формуле (1е).

9.1.19 Повторить пп. 9.1.1 - 9.1.18 для измерительных каналов «Ap(Y)» и «Ap(Z)».

9.1.20 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения приведенной к верхнему пределу измерений погрешности преобразования каналов Ap(X), Ap(Y), Ap(Z) не превышают $\pm 1 \%$ и нелинейность функции преобразования каналов Ap(X), Ap(Y), Ap(Z) не превышают $\pm 0,5 \%$.

9.2 Проверка частотного диапазона измерений и предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для каналов Ap(X), Ap(Y), Ap(Z).

9.2.1 Установить коэффициент преобразования Ap(X) равным 1 мА/(м·с⁻²).

9.2.2 Закрепить ZET 7057 на расширительном столе вибрационной установки таким образом, чтобы направление оси Ap(X) совпадало с направлением колебаний вибростола.

9.2.3 В соответствии с эксплуатационной документацией, задать на вибрационной установке воздействие синусоидальной вибрации частотой 10 Гц, амплитудой 2 м/с².

9.2.4 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.2.5 Используя комплект технологических кабелей подключить контакт «Ap(X)» разъема «СИАЗ» ZET 7057 на вход ZET 028 через тройник совместно с магазином

сопротивлений. Выставить на магазине сопротивлений значение равное 50 Ом. Запустить программное обеспечение ZETLAB. В программе «Диспетчер устройств» раздела «Сервисные» панели ZETLAB установить следующие настройки входного канала Ар(X): чувствительность - 1 мВ/мА; КУ внешнего усиления - 50.

9.2.6 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта «Ар(X)» разъема «СИА3» при помощи программы «Узкополосный спектр».

9.2.7 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на базовой частоте по формуле (1в).

9.2.8 Задать на вибрационной установке воздействие синусоидального сигнала частотой

16 Гц, амплитудой 2 м/с².

9.2.9 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.2.10 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта «Ар(X)» разъема «СИА3».

9.2.11 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на заданной частоте по формуле (1в).

9.2.12 Вычислить значение отклонения АЧХ для канала «Ар(X)» по формуле:

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \frac{K_f - K_{\text{баз}}}{K_{\text{баз}}} \cdot 100 \% \quad 2)$$

где K_f – значение коэффициента преобразования канала на заданной частоте, мА/(м·с⁻²);

$K_{\text{баз}}$ – значение коэффициента преобразования канала на базовой частоте 10 Гц, мА/(м·с⁻²).

9.2.13 Повторить пп. 9.2.7 - 9.2.11 установив на вибрационной установке частоту сигнала равную 32 Гц.

9.2.14 Установить коэффициент преобразования Ар(X) равным 100 мА/(м·с⁻²).

9.2.15 Задать на вибрационной установке воздействие синусоидального сигнала частотой

1 Гц, амплитудой 0,02 м/с².

9.2.16 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.2.17 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта «Ар(X)» разъема «СИА3».

9.2.18 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на заданной частоте по формуле (1а).

9.2.19 Повторить пп. 9.2.14 - 9.2.17 установив на вибрационной установке частоту сигнала равную 0,1 Гц. На данной частоте допускается задавать значение амплитуды виброускорения ниже указанного, в случае, если виброустановка не позволяет задавать 0,02 м/с².

Примечание: при измерении сигнала на частоте 0,1 Гц подождать не менее 10 минут для стабилизации показаний.

9.2.20 Вычислить значение отклонения АЧХ для канала «Ар(X)» по формуле (2).

9.2.21 Повторить пп. 9.2.1 - 9.2.19 для измерительных каналов «Ар(Y)» и «Ар(Z)».

9.2.22 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения отклонения АЧХ в диапазоне рабочих частот для каналов Ар(X), Ар(Y), Ар(Z) не превышают ±5 %.

9.3 Определение основной приведенной погрешности каналов и определение значения нелинейности функции преобразования каналов Ар(X), Ар(Y), Ар(Z) с помощью внешнего генератора.

9.3.1 Установить коэффициент преобразования $Ap(X)$ равным $100 \text{ мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$. Во вкладке «Управление» выставить режим – «внешний вход».

9.3.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход X» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение $0,001 \text{ В}$ (СКЗ), частота 10 Гц , постоянное смещение 2 В .

9.3.3 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.3.4 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта « $Ap(X)$ » разъема «СИАЗ» при помощи мультиметра в режиме измерения переменного тока.

9.3.5 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования по формуле:

$$K_d = \frac{0,01 \cdot I_{\text{вых}}}{U_{\text{эт}} \cdot K_p}, \quad (3a)$$

где $U_{\text{эт}}$ – значение заданного напряжения, В;

K_p – коэффициент пересчета, равный $5 \text{ м}/\text{с}^2/\text{В}$;

$I_{\text{вых}}$ – измеренное значение силы переменного тока на выходе устройства, мА.

9.3.6 Вычислить основную приведенную погрешность канала по формуле:

$$\delta_{\text{привед}} = \frac{U_{\text{эт}} \cdot K_p - I_{\text{вых}} \cdot 0,01}{a_{\text{норм}}/\sqrt{2}} \cdot 100 \% \quad (3б)$$

где $a_{\text{норм}}$ – нормирующее значение, равное максимальному значению диапазона измерения ускорений, $\text{м}/\text{с}^2$;

K_p – коэффициент пересчета, равный $5 \text{ м}/\text{с}^2/\text{В}$.

9.3.7 Повторить пп. 9.3.2 - 9.3.6, подав с генератора на «Вход X» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал $0,007 \text{ В}$ (СКЗ).

9.3.8 Установить коэффициент преобразования $Ap(X)$ равным $1 \text{ мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$.

9.3.9 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход X» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение $0,07 \text{ В}$ (СКЗ), частота 10 Гц , постоянное смещение 2 В .

9.3.10 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта « $Ap(X)$ » разъема «СИАЗ».

9.3.11 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на заданной амплитуде сигнала по формуле:

$$K_d = \frac{I_{\text{вых}}}{U_{\text{эт}} \cdot K_p}, \quad (3в)$$

где $U_{\text{эт}}$ – значение заданного напряжения, В;

K_p – коэффициент пересчета, равный $5 \text{ м}/\text{с}^2/\text{В}$;

$I_{\text{вых}}$ – измеренное значение силы переменного тока, мА.

9.3.12 Вычислить основную приведенную погрешность канала по формуле

$$\delta_{\text{привед}} = \frac{U_{\text{эт}} \cdot K_p - I_{\text{вых}}}{a_{\text{норм}}/\sqrt{2}} \cdot 100 \% \quad (3г)$$

где $a_{\text{норм}}$ – нормирующее значение, равное максимальному значению диапазона измерения ускорений, $\text{м}/\text{с}^2$;

K_p – коэффициент пересчета, равный $5 \text{ м}/\text{с}^2/\text{В}$.

9.3.13 Повторить пп. 9.3.9 - 9.3.12, последовательно устанавливая на генераторе значение напряжение, равное $0,28 \text{ В}$ и $0,8 \text{ В}$ (СКЗ).

9.3.14 Определить среднее арифметическое значение действительного коэффициента преобразования по формуле (1д).

9.3.15 Определить относительное отклонение действительного коэффициента преобразования от среднего арифметического значения по формуле (1е). Определить

нелинейность функции преобразования канала $Ap(X)$, как максимальное вычисленное значение.

9.3.16 Повторить пп. 9.3.1 - 9.3.15 для измерительных каналов « $Ap(Y)$ » и « $Ap(Z)$ ».

9.3.17 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения приведенной к верхнему пределу измерений погрешности преобразования каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ не превышают $\pm 1\%$ и нелинейность функции преобразования каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ не превышают $\pm 0,5\%$.

9.4 Проверка частотного диапазона измерений и предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ при помощи внешнего генератора.

9.4.1 Установить коэффициент преобразования $Ap(X)$ равным $1 \text{ мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$.

9.4.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход X» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение $0,28 \text{ В}$ (СКЗ), частота 10 Гц , постоянное смещение 2 В .

9.4.3 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.4.4 Измерить на базовой частоте значение выходного переменного тока устройства с контакта « $Ap(X)$ » разъема «СИАЗ» при помощи контроллера ZET 028 подключенного через тройник совместно с магазином сопротивлений, установленным на 50 Ом , используя программу «Узкополосный спектр».

9.4.5 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на базовой частоте по формуле (3в).

9.4.6 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход X» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение $0,28 \text{ В}$ (СКЗ), частота 16 Гц , постоянное смещение 2 В .

9.4.7 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.4.8 Измерить значение выходного переменного тока устройства с контакта « $Ap(X)$ » разъема «СИАЗ».

9.4.9 Вычислить значение действительного коэффициента преобразования на заданной частоте по формуле (3в).

9.4.10 Вычислить значение отклонения АЧХ для канала « $Ap(X)$ » по формуле:

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \frac{K_f - K_{\text{баз}}}{K_{\text{баз}}} \cdot 100\% \quad 4)$$

где K_f – значение коэффициента преобразования канала на заданной частоте, $\text{мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$;

$K_{\text{баз}}$ – значение коэффициента преобразования канала на базовой частоте 10 Гц , $\text{мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$.

9.4.11 Повторить пп. 9.4.6 - 9.4.10 устанавливая на генераторе поочередно частоты сигнала, равные $0,1$; 1 и 32 Гц .

9.4.12 Повторить пп. 9.4.1 - 9.4.11 для измерительных каналов « $Ap(Y)$ » и « $Ap(Z)$ ».

9.4.13 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения отклонения АЧХ в диапазоне рабочих частот для каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ не превышают $\pm 5\%$.

9.5 Проверка скорости затухания АЧХ за пределами частотного диапазона измерений для каналов $Ap(X)$, $Ap(Y)$, $Ap(Z)$ при помощи внешнего генератора.

9.5.1 Установить коэффициент преобразования $Ap(X)$ равным $1 \text{ мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$.

9.5.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,28 В (СКЗ), частота 32 Гц, постоянное смещение 2 В.

9.5.3 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.5.4 Измерить значение выходного переменного тока I_1 устройства с контакта «Ap(X)» разъема «СИАЗ».

9.5.5 Увеличить частоту сигнала с генератора до 64 Гц и измерить значение выходного переменного тока I_2 устройства с контакта «Ap(X)» разъема «СИАЗ».

9.5.6 Вычислить значение скорости затухания АЧХ для канала «Ap(X)» по формуле (5):

$$L_{\text{АЧХ}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad 5)$$

где, I_1 – значение силы выходного переменного тока на частоте 32 Гц, мА,

I_2 – значение силы выходного переменного тока на частоте 64 Гц, мА.

9.5.7 Повторить пп. 9.5.2 - 9.5.6 для каналов «Ap(Y)» и «Ap(Z)».

9.5.8 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если скорость затухания АЧХ для каналов Ap(X), Ap(Y), Ap(Z) не менее 8 дБ/окт.

9.6 Определение основной приведенной погрешности канала АО при помощи внешнего генератора.

9.6.1 Установить коэффициент преобразования канала АО равным 200 мА/(м·с⁻²).

9.6.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,001 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В.

9.6.3 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.6.4 Измерить значение выходного постоянного тока устройства с контакта «АО» разъема «СИАЗ» при помощи мультиметра в режиме измерения постоянного тока.

9.6.5 Вычислить основную приведенную погрешность канала по формуле:

$$\delta = \frac{(I_{\text{пост}} - 4) - U_{\text{вх}} \cdot \text{КП} \cdot K_{\text{п}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\pi}}{I_{\text{норм}}} \cdot 100 \% \quad 6)$$

где $I_{\text{пост}}$ – измеренное значение силы постоянного тока контакта «АО», мА;

$I_{\text{норм}}$ – нормирующее значение, равное максимальному значению СКЗ переменной составляющей выходного сигнала канала, мА;

$U_{\text{вх}}$ – значение напряжения, установленное на генераторе, В;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент пересчета, равный 5 м/с²/В;

КП – коэффициент преобразования, мА/(м·с⁻²).

Примечание: необходимо использовать мультиметр с активированной функцией NPLC со следующими параметрами: PLC = 100.

9.6.6 Повторить пп. 9.6.2 - 9.6.5, установив на генераторе напряжение, равное 0,007 В (СКЗ).

9.6.7 Установить коэффициент преобразования канала АО равным 1 мА/(м·с⁻²).

9.6.8 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,07 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В.

9.6.9 Измерить значение выходного постоянного тока устройства с контакта «АО» разъема «СИА3».

9.6.10 Вычислить основную приведенную погрешность канала по формуле (6).

9.6.11 Повторить пп. 9.6.8 - 9.6.10, последовательно устанавливая на генераторе ZET 028 значение напряжение, равное 0,28 В и 0,8 В (СКЗ).

9.6.12 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения приведенной погрешности преобразования канала АО не превышают $\pm 2\%$.

9.7 Проверка предельного значения отклонения АЧХ в частотном диапазоне измерений для канала АО.

9.7.1 Установить коэффициент преобразования канала АО равным $1 \text{ мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$.

9.7.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,28 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В.

9.7.3 Подождать не менее 2 минут для стабилизации показаний.

9.7.4 Измерить на базовой частоте значение выходного постоянного тока устройства с контакта «Выход АО» разъема «СИА3».

9.7.5 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,28 В (СКЗ), частота 16 Гц, постоянное смещение 2 В.

9.7.6 Измерить значение выходного постоянного тока с контакта «Выход АО» разъема «СИА3».

9.7.7 Вычислить значение отклонения АЧХ для канала «Выход АО» по формуле:

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \frac{I_{\text{вых}} - I_{\text{баз}}}{I_{\text{баз}}} \cdot 100\% \quad 7)$$

где, $I_{\text{вых}}$ – значение тока на текущей частоте, мА;

$I_{\text{баз}}$ – значение тока на базовой частоте 10 Гц, мА.

9.7.8 Повторить пп. 9.7.5 - 9.7.7, установив на генераторе частоту сигнала, равную 0,1; 1 и 32 Гц.

Примечание: необходимо использовать мультиметр с активированной функцией NPLC со следующими параметрами: $\text{PLC} = 100$.

9.7.9 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения отклонения АЧХ в диапазоне рабочих частот для канала АО не превышают $\pm 10\%$.

9.8 Определение пределов допускаемой основной приведенной погрешности срабатывания порогов в поддиапазоне от 0,1 до 2,0 $\text{м}/\text{с}^2$.

9.8.1 Установить значение порога выдачи аварийного сигнала П1 равным 0,1 $\text{м}/\text{с}^2$.

9.8.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА» синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,011 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В.

Примечание: при включении генератора необходимо выждать не менее 1 минуты для выхода на режим.

9.8.3 Измерить значение сопротивления на контакте П1 разъема «СИА3».

9.8.4 Постепенно увеличивая значение напряжения на генераторе, контролируя значение сопротивления на контакте П1 разъема «СИА3» до момента его резкого изменения, зафиксировать значение напряжения, при котором произошло изменение сопротивления.

9.8.5 Вычислить значение основной приведенной погрешности измерения напряжения по формуле:

$$\gamma = \frac{U_{\text{изм}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \sqrt{2} - a_{\text{ном}}}{a_{\text{ном}}} \cdot 100 \% \quad 8)$$

где $U_{\text{изм}}$ – значение напряжения (СКЗ), при котором произошло резкое изменение значения сопротивления на контакте П1, В;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент пересчета, равный 5 м/с²/В;

$a_{\text{ном}}$ – значение порога выдачи аварийных сигналов, м/с²;

$a_{\text{норм}}$ – нормирующее значение виброускорения, м/с².

9.8.6 Установить значение порога выдачи аварийного сигнала П1 равным 2 м/с².

9.8.7 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА», синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,269 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В.

9.8.8 Измерить значение сопротивления на контакте П1 разъема «СИА3».

9.8.9 Постепенно увеличивая значение напряжения на генераторе, контролируя значение сопротивления на контакте П1 разъема «СИА3» до момента его резкого изменения, зафиксировать значение напряжения, при котором произошло изменение сопротивления

9.8.10 Вычислить значение основной приведенной погрешности измерения напряжения по формуле (8).

9.8.11 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения приведенной к поддиапазону измерений погрешности срабатывания порога не превышают $\pm 1,5 \%$.

9.9 Определение пределов допускаемой основной приведенной погрешности срабатывания порогов в поддиапазоне от 0,05 до 0,1 м/с².

9.9.1 Установить значение порога начала регистрации сигнала П2 равным 0,05 м/с².

9.9.2 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА», синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,003 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В.

Примечание: при включении генератора необходимо выждать не менее 1 минуты для выхода на режим.

9.9.3 Измерить значение сопротивления на контакте П2 разъема «СИА3».

9.9.4 Постепенно увеличивая значение напряжения на генераторе, контролируя значение сопротивления на контакте П2 разъема «СИА3» до момента его резкого изменения, зафиксировать значение напряжения, при котором произошло изменение сопротивления

9.9.5 Вычислить значение основной приведенной погрешности измерения напряжения по формуле (8).

9.9.6 Установить значение порога выдачи аварийного сигнала П2 равным 0,1 м/с².

9.9.7 Подать с генератора, контролируя выходной сигнал мультиметром, на «Вход Х» разъема «ПРОВЕРКА», синусоидальный сигнал со следующими параметрами: напряжение 0,028 В (СКЗ), частота 10 Гц, постоянное смещение 2 В

9.9.8 Измерить значение сопротивления на контакте П2 разъема «СИА3».

9.9.9 Постепенно увеличивая значение напряжения на генераторе, контролируя значение сопротивления на контакте П2 разъема «СИА3» до момента его резкого изменения, зафиксировать значение напряжения, при котором произошло изменение сопротивления.

9.9.10 Вычислить значение основной приведенной погрешности измерения напряжения по формуле (8).

9.9.11 Устройство считается прошедшим поверку по данному пункту методики, если полученные значения приведенной к поддиапазону измерений погрешности срабатывания порога не превышают $\pm 5\%$.

9.10. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям.

Устройство считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям), если оно прошло поверку по каждому пункту данной методики и полученные значения метрологических характеристик соответствуют значениям, указанным в Приложении А.

10. Оформление результатов поверки

10.1. Устройство, прошедшее 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 устройство 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 передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Врио начальника отдела 204
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

Н.В. Лункин

Приложение А – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 32
Диапазон измерений виброускорения на базовой частоте 10 Гц, м/с^2	от 0,01 до 5,6
Пределы допускаемой нелинейности функции преобразования каналов $\text{Ap}(X)$, $\text{Ap}(Y)$, $\text{Ap}(Z)$, %	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой основной приведенной к верхнему пределу измерений погрешности преобразования каналов $\text{Ap}(X)$, $\text{Ap}(Y)$, $\text{Ap}(Z)$ на базовой частоте 10 Гц, %	± 1
Пределы допускаемого отклонения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазоне рабочих частот для каналов $\text{Ap}(X)$, $\text{Ap}(Y)$, $\text{Ap}(Z)$, %	± 5
Скорость затухания АЧХ на частоте, выходящей за границы диапазона рабочих частот, для каналов $\text{Ap}(X)$, $\text{Ap}(Y)$, $\text{Ap}(Z)$, дБ/окт, не менее	8
Пределы допускаемой основной приведенной к нормирующему значению (максимальное значение амплитуды (Пик) переменной составляющей выходного сигнала ($I_{A,ao}$) канала АО, мА) погрешности преобразования канала АО, %	± 2
Пределы допускаемого отклонения АЧХ в диапазоне рабочих частот для канала АО, %	± 10
Диапазон значений виброускорения, в пределах которого нормируются пороги срабатывания, м/с^2	от 0,05 до 2
Пределы допускаемой основной приведенной к поддиапазону измерений погрешности срабатывания порога, % - в поддиапазоне от 0,1 до 2 м/с^2 - в поддиапазоне от 0,05 до 0,1 м/с^2	$\pm 1,5$ ± 5