

Федеральное бюджетное учреждение  
«Государственный региональный центр стандартизации,  
метрологии и испытаний в Омской области»  
(ФБУ «Омский ЦСМ»)

СОГЛАСОВАНО:

И.о. директора  
ФБУ «Омский ЦСМ»

  
А.В. Бессонов



Государственная система обеспечения единства измерений  
Акселерометры 3700

Методика поверки

ОЦСМ 151196-2021 МП

г. Омск  
2021 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на акселерометры 3700 (далее по тексту – акселерометры), выпускаемые фирмой PCB Piezotronics, Inc. (США), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Для реализации настоящей методики поверки применяется метод прямого измерения.

При проведении поверки по настоящей методике обеспечивается прослеживаемость акселерометров к государственному первичному эталону ГЭТ 58-2018.

Интервал между поверками 1 год.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	9		
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц	9.1	Да	Да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот относительно базовой частоты 100 Гц	9.2	Да	Да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	9.3	Да	Нет
Проверка частоты установочного резонанса	9.4	Да	Нет
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	9.5	Да	Нет

## 3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 40 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104.

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие обучение в качестве поверителей данного вида средств измерений, изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на акселерометры и средства их поверки.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего основные технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5	Поверочная виброустановка 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной Приказом Росстандарта от 27.12.2018 г. № 2772
9.3	Образцовая установка 1-го разряда с пиковым ударным акселерометром по ГОСТ 8.137-84
9.4	Осциллограф цифровой TBS1052B-EDU (рег. № 58295-14): - от 2 мВ/дел до 5 В/дел; $\delta_{(2 \text{ мВ/дел; } 5 \text{ мВ/дел})} : \pm 4 \%$ ; $\delta_{(\geq 10 \text{ мВ/дел})} : \pm 3 \%$ ; - от 5 нс/дел до 50 с/дел; $\delta_{(> 1 \text{ мс})} : \pm 50 \cdot 10^{-6}$
9.4	Генератор сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS360 (рег. № 26204-03): от 0,001 до 200000 Гц; $\delta : \pm (25 \cdot 10^{-6} \cdot f + 4 \cdot 10^{-3}) \%$
7, 8, 9	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. №53505-13): - от - 10 до + 60 °С; $\Delta : \pm 0,4 \text{ °С}$ ; - от 10 до 95 %; $\Delta : \pm 3 \%$ ; - от 300 до 1200 гПа; $\Delta : \pm 5 \text{ гПа}$
Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: $\Delta$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений; $\delta$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений	

5.2 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть утверждены в установленном порядке. Средства измерений, используемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке.

5.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых акселерометров с требуемой точностью, передачу единиц величин акселерометрам при их поверке и прослеживаемость к государственным первичным эталонам единиц величин.

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

При проведении поверки соблюдают требования безопасности, установленные в следующих документах:

- ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- ГОСТ 12.2.091-2012 (IEC 61010-1:2001) «Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования».
- эксплуатационная документация на акселерометры и средства их поверки.

## 7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- отсутствие видимых механических повреждений корпуса акселерометра, соединительного кабеля и электрического разъема, крепежных приспособлений;
- соответствие комплектности и маркировки акселерометров эксплуатационной документации.

7.2 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если акселерометр соответствует всем вышеперечисленным требованиям.

## 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготавливают к работе основные и вспомогательные средства поверки в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

8.2 Подготавливают акселерометры к работе в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

8.3 Проверку работоспособности акселерометра проводят в следующей последовательности:

- подключают акселерометр к поверочной виброустановке;
- слегка постукивая по корпусу акселерометра, контролируют показания поверочной виброустановки.

8.4 Результаты опробования считают положительными, если постукивания по корпусу акселерометра регистрируются по показаниям поверочной виброустановки.

## 9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 9.1 Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц

9.1.1 Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц проводят на поверочной виброустановке. На вибростенде воспроизводят СКЗ виброускорения 10 м/с<sup>2</sup> на базовой частоте 100 Гц.

9.1.2 Действительное значение коэффициента преобразования  $K_d$ , мВ·м<sup>-1</sup>·с<sup>2</sup>, определяют по формуле:

$$K_d = \frac{U_{\text{вых}}}{a_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{вых}}$  – СКЗ напряжения на выходе акселерометра, мВ;

$a_{\text{вх}}$  – СКЗ виброускорения, заданное на поверочной установке, м/с<sup>2</sup>.

9.1.3 Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц  $\delta_{K_d}$ , %, определяют по формуле:

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

где  $K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования акселерометра, мВ·м<sup>-1</sup>·с<sup>2</sup>;

$K_n$  – номинальное значение коэффициента преобразования акселерометра, мВ·м<sup>-1</sup>·с<sup>2</sup>.

9.1.4 Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц не должно превышать установленных пределов, приведенных в Приложении А.

### 9.2 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот относительно базовой частоты 100 Гц

9.2.1 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот относительно базовой частоты 100 Гц проводят на поверочной виброустановке не менее чем при десяти значениях частот, находящихся в пределах рабочего диапазона частот или в непрерывном спектре частот. Обязательно наличие нижнего и верхнего значений частот рабочего диапазона. СКЗ виброускорения должно быть не менее 10 м/с<sup>2</sup>.

*Примечание – На частотах, где технически невозможно получить указанное значение виброускорения, коэффициент преобразования определяют при значениях виброускорения, достижимых для вибровозбудителя.*

9.2.2 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот относительно базовой частоты 100 Гц  $\gamma_i$ , %, определяют по формуле:

$$\gamma_{\%i} = \frac{K_{di} - K_d}{K_d} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где  $K_{di}$  – значение коэффициента преобразования акселерометра при  $i$ -ом значении частоты (определяемое по формулам (1) и (2)),  $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$ ;

$K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования акселерометра на базовой частоте 100 Гц (определенное в 9.1 настоящей методики),  $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$ .

9.2.3 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот относительно базовой частоты 100 Гц не должна превышать установленных пределов, приведенных в Приложении А.

### 9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики

9.3.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики проводят на поверочной виброустановке не менее чем в пяти точках диапазона измерений, включая верхний и нижний пределы. Для определения нелинейности амплитудной характеристики предпочтительна базовая частота (100 Гц). При невозможности задания требуемых значений виброускорения на базовой частоте нелинейность амплитудной характеристики определяют на одной из частот, принадлежащей рабочему диапазону частот акселерометра, на которой возможно задание требуемого значения виброускорения. При пиковых значениях виброускорения свыше 400  $\text{м/с}^2$  рекомендуется использовать ударную установку.

9.3.2 Нелинейность амплитудной характеристики  $\delta_i$ , %, определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{K_{di} - K_d}{K_d} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $K_{di}$  – значение коэффициента преобразования акселерометра при  $i$ -ом значении виброускорения (определяемое по формулам (1) и (2)),  $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$ ;

$K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования акселерометра на базовой частоте 100 Гц (определенное по 9.1 настоящей методики),  $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$ .

9.3.3 Нелинейность амплитудной характеристики не должна превышать установленных пределов, приведенных в Приложении А.

### 9.4 Определение частоты установочного резонанса

9.4.1 Определение частоты установочного резонанса в осевом направлении проводят в соответствии с п.10.15 ГОСТ Р 8.669-2009.

9.4.2 Частота установочного резонанса должна быть не менее установленного значения, приведенного в Приложении А.

### 9.5 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

9.5.1 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования проводят на поверочной виброустановке.

9.5.2 Акселерометр закрепляют на установке таким образом, чтобы измерительная ось акселерометра, для которой определяется относительный коэффициент поперечного преобразования, была перпендикулярна оси вибростенда.

9.5.3 Последовательно поворачивая акселерометр вокруг измерительной оси, для которой определяется относительный коэффициент поперечного преобразования, на углы  $0^\circ$ ;  $30^\circ$ ;  $60^\circ$ ;  $90^\circ$ ;  $120^\circ$ ;  $150^\circ$ ;  $180^\circ$ ;  $210^\circ$ ;  $240^\circ$ ;  $270^\circ$ ;  $300^\circ$ ;  $330^\circ$  измеряют в каждом положении значения выходного сигнала.

9.5.4 Измерения проводят на базовой частоте 100 Гц и при значении амплитуды виброускорения от 20 до 50  $\text{м/с}^2$ .

9.5.5 Относительный коэффициент поперечного преобразования определяют по формуле:

$$K_{оп} = \frac{U_{max}}{a_d \cdot K_d} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где  $U_{max}$  – наибольшее значение напряжения на выходе акселерометра, мВ;  
 $a_d$  – значение виброускорения, воспроизводимое на поверочной виброустановке, м/с<sup>2</sup>;  
 $K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования акселерометра на базовой частоте 100 Гц (определенное в 9.1 настоящей методики), мВ·м<sup>-1</sup>·с<sup>2</sup>.

9.5.6 Относительный коэффициент поперечного преобразования не должен превышать установленного предела, приведенного в Приложении А.

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки свободной формы.

10.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3 По заявлению владельца акселерометра или лица, представившего его на поверку, на акселерометр выдается:

- в случае положительных результатов поверки – свидетельство о поверке установленного образца;

- в случае отрицательных результатов поверки – извещение о непригодности к применению установленного образца с указанием причин непригодности.

**Приложение А**  
(справочное)

**Метрологические характеристики акселерометров**

Таблица А.1 – Метрологические характеристики акселерометров 3711F112G, 3711F122G, 3713F112G, 3713F122G

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$	68,8
Диапазон измерений пиковых значений виброускорения, $\text{м}/\text{с}^2$	от 0,01 до 19,60
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 350
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %	$\pm 3$
Неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, %:	
- в диапазоне частот от 0,1 до 250 Гц включ.	$\pm 5$
- в диапазоне частот св. 250 до 350 Гц	$\pm 10$
Нелинейность амплитудной характеристики, %	$\pm 1$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	3
Частота установочного резонанса, кГц, не менее	1,2

Таблица А.2 – Метрологические характеристики акселерометров 3711F1110G, 3711F1210G, 3713F1110G, 3713F1210G

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$	13,8
Диапазон измерений пиковых значений виброускорения, $\text{м}/\text{с}^2$	от 0,01 до 98,10
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 1500
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %	$\pm 3$
Неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, %:	
- в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц включ.	$\pm 5$
- в диапазоне частот св. 1000 до 1500 Гц	$\pm 10$
Нелинейность амплитудной характеристики, %	$\pm 1$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	3
Частота установочного резонанса, кГц, не менее	3,2

Таблица А.3 – Метрологические характеристики акселерометров 3711F1130G, 3711F1230G, 3713F1130G, 3713F1230G

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$	4,59
Диапазон измерений пиковых значений виброускорения, $\text{м}/\text{с}^2$	от 0,01 до 294,20
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 2000
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %	$\pm 3$
Неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, %:	
- в диапазоне частот от 0,1 до 1500 Гц включ.	$\pm 5$
- в диапазоне частот св. 1500 до 2000 Гц	$\pm 10$
Нелинейность амплитудной характеристики, %	$\pm 1$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	3
Частота установочного резонанса, кГц, не менее	5,2

Таблица 4 – Метрологические характеристики акселерометров 3711F1150G, 3711F1250G, 3713F1150G, 3713F1250G

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$	2,8
Диапазон измерений пиковых значений виброускорения, $\text{м}/\text{с}^2$	от 0,01 до 490,00
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 2000
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %	$\pm 3$
Неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, %:	
- в диапазоне частот от 0,1 до 1500 Гц включ.	$\pm 5$
- в диапазоне частот св. 1500 до 2000 Гц	$\pm 10$
Нелинейность амплитудной характеристики, %	$\pm 1$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	3
Частота установочного резонанса, кГц, не менее	6,5

Таблица 5 – Метрологические характеристики акселерометров 3711F11100G, 3711F12100G, 3713F11100G, 3713F12100G

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$	1,38
Диапазон измерений пиковых значений виброускорения, $\text{м}/\text{с}^2$	от 0,01 до 981,00
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 2500
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %	$\pm 3$
Неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, %:	
- в диапазоне частот от 0,1 до 1500 Гц включ.	$\pm 5$
- в диапазоне частот св. 1500 до 2500 Гц	$\pm 10$
Нелинейность амплитудной характеристики, %	$\pm 1$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	3
Частота установочного резонанса, кГц, не менее	8,5

Таблица 6 – Метрологические характеристики акселерометров 3711F11200G, 3711F12200G, 3713F11200G, 3713F12200G

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 100 Гц, $\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^2$	0,69
Диапазон измерений пиковых значений виброускорения, $\text{м}/\text{с}^2$	от 0,01 до 1960,00
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,1 до 2500
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 100 Гц, %	$\pm 3$
Неравномерностью амплитудно-частотной характеристики, %:	
- в диапазоне частот от 0,1 до 1500 Гц включ.	$\pm 5$
- в диапазоне частот св. 1500 до 2500 Гц	$\pm 10$
Нелинейность амплитудной характеристики, %	$\pm 1$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более	3
Частота установочного резонанса, кГц, не менее	11,8