

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО

И.о. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

«26» октября 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АКСЕЛЕРОМЕТРЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ SLD144

Методика поверки

МП 2520-101-2020

И.о. руководителя научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
вибраций, удара и переменных давлений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Козляковский А.А.

«25» октября 2020 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на акселерометры пьезоэлектрические SLD144 (далее – акселерометры), выпускаемые фирмой SPM Instrument AB (Швеция), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

Акселерометры соответствуют средствам измерений по ГПС Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- к Государственному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 согласно Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки:

- методом прямых измерений и методом косвенных измерений в соответствии с Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в табл. 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	да	да
Опробование	8.2	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального	8.3	да	да
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	8.4	да	нет
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	8.5	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	8.6	да	нет
Определение частоты установочного резонанса	8.7	да	нет

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °Сот + 18 до + 25;
- относительная влажность,% :.....от 40 до 80.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверка виброметров осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НД) на акселерометры.

5 Метрологические требования к средствам поверки

5.1 Перечень средств поверки представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.2 – 8.6	- рабочий эталон 2-го разряда по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»
8.7	- вторичный эталон единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела или поверочная виброустановка по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения», или стальной кубик массой 180—220 г с пьезоэлектрическим вибратором и низкочастотным измерительным генератором по ГОСТ 9486, или установка типа «падающий шар», спектроанализатор.

5.2 Средства измерений должны быть поверены, а эталоны аттестованы.

5.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, не приведенных в табл. 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик акселерометров с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки средства поверки и поверяемые средства, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, не допускается использование в качестве заземления корпусов силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления.

6.2 Меры безопасности при подготовке и проведении поверки должны соответствовать действующим требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, «Требования безопасности к электротехническому изделию и его частям».

6.3 Подключение средств поверки, поверяемых средств, а также вспомогательного оборудования производить при выключенном источнике питания.

7 Подготовка к поверке

7.1 Подготовка акселерометров к поверке должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

7.2 При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» инструкции по эксплуатации и других нормативных документов на акселерометры.

7.3 Все операции поверки должны проводиться лицами, имеющими квалификационную группу по технике безопасности не ниже 3.

7.4 Все подключения и отключения к акселерометрам можно производить только при отключенном напряжении питания.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие акселерометра следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и электрических разъемов, влияющих на работоспособность акселерометра;

- соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в технической документации акселерометра;

- отсутствие загрязнений и выступающих заусенцев на контактирующих поверхностях акселерометра;

- резьбовые части акселерометра и электрических разъемов не должны иметь видимых повреждений.

8.1.2 Результат проверки считается положительным, если акселерометр соответствует требованиям технической документации и признается пригодными к применению, если выполняется п. 8.1.1.

8.2 Опробование

8.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность акселерометра, поверяемый акселерометр закрепляют на измерительном столе (далее – вибростол) поверочной виброустановки (далее – виброустановка) рабочего эталона 2-го разряда, в соответствии с технической документацией на акселерометр. Выход акселерометра подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра, входящий в состав виброустановки.

8.2.2 Включают и прогревают приборы виброустановки.

8.2.3 С помощью вольтметра фиксируют уровень помех на выходе согласующего усилителя.

8.2.4 Подают напряжение от генератора через усилитель мощности на вибровозбудитель, входящий в состав виброустановки. Частота подаваемого напряжения не должна превышать 0,25 максимального значения рабочего диапазона частот проверяемого акселерометра.

8.2.5 Плавно увеличивают напряжение до тех пор, пока сигнал на выходе акселерометра не превысит уровень помех на 40 дБ.

8.2.6 Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 8.2.5 методики поверки.

8.3 Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального

8.3.1 Действительное значение коэффициента преобразования акселерометра определяют на виброустановке рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

8.3.2 Акселерометр закрепляют на измерительном столе виброустановки в соответствии с технической документацией на акселерометр. Выход акселерометра подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра.

8.3.3 Воспроизвести на виброустановке вибрацию с опорной частотой 100 Гц и виброускорением с амплитудой 10 м/с^2 не менее 3 значений, считывают показания вольтметра.

8.3.4 Рассчитывают действительное значение коэффициента преобразования K_D , мВ/мс^2 , по формуле (1):

$$K_D = \frac{U_{cy}}{a_d}, \quad (1)$$

где U_{cy} – показание вольтметра, подключенного к входу согласующего усилителя, мВ;
 a_d – виброускорение, задаваемое виброустановкой, м/с^2 .

Проводят не менее 3 измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования по формуле (2):

$$K_{Dcp} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Di}}{n}, \quad (2)$$

где K_{Dcp} – среднее арифметическое значение коэффициента преобразования;
 n – число измерений, $n \geq 3$.

8.3.5 Рассчитывают отклонение действительного значения коэффициента преобразования акселерометра от номинального значения, указанного в НД по формуле (3):

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

где K_N – номинальное значение коэффициента преобразования акселерометра, мВ/м/с^2 ;
 K_D – измеренное значение коэффициента преобразования акселерометра, мВ/м/с^2 .

8.3.6 Результаты поверки считают удовлетворительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования акселерометра от номинального значения не превышает для модели SLD144SA $\pm 10 \%$, для модели SLD144B-T $\pm 25 \%$.

8.4 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

8.4.1 Относительный коэффициент поперечного преобразования акселерометра определяют на фиксированной частоте от 10 до 200 Гц.

8.4.2 Акселерометр устанавливают на вибростол виброустановки с помощью специального устройства таким образом, чтобы главная ось его чувствительности была перпендикулярна к направлению колебаний. Выход акселерометра подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра, входящий в состав виброустановки. Специальное устройство должно обеспечивать поворот акселерометра вокруг его оси чувствительности на 360° с интервалом не более 30° .

8.4.3 Вибростолу задают виброускорение от 20 до 50 м/с^2 на частоте от 10 до 200 Гц. Значение виброускорения для акселерометра не должно превышать предельно допустимых значений в поперечном направлении. Значение виброускорения выбирают таким образом,

чтобы при направлении вибрации вибростола, совпадающем с направлением максимума коэффициента поперечной чувствительности акселерометра, отношение значения, измеренного на выходе согласующего усилителя напряжения к значению шума, на его выходе было не менее 14 дБ (≈ 5 раз).

8.4.4 Считывают показания вольтметра для каждого положения акселерометра, соответствующего повороту вокруг оси чувствительности на $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$. Повторяют процедуру еще раз и считывают показания вольтметра. Вычисляют среднее арифметическое значение показаний вольтметра $U_{i\text{ ср}}$, мВ, по формуле (4):

$$U_{i\text{ ср}} = 0,5 (U_i + U_i^n), \quad (4)$$

где U_i - показания вольтметра для каждого положения акселерометра, мВ.

8.4.5 Относительный коэффициент поперечного преобразования для каждого положения акселерометра вычисляют по формуле (5), %:

$$K_{\text{ОП}i} = \frac{U_{i\text{ ср}}}{a_d K_d} \cdot 100, \quad (5)$$

где K_d - действительное значение коэффициента преобразования акселерометра, определенное по формуле (1), мВ/мс².

8.4.6 В качестве относительного коэффициента поперечного преобразования принимают максимальное значение, %, вычисленное по формуле (5)

$$K_{\text{ОП}} = (K_{\text{ОП}i})_{\text{max}}.$$

8.4.7 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если максимальное значение поперечного преобразования акселерометра не превышает для модели SLD144SA 5 %, для модели SLD144B-T 10 %.

8.5 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

8.5.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики акселерометра определяют на виброустановке в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

8.5.2 Акселерометр закрепляют на измерительном столе виброустановки в соответствии с технической документацией на акселерометр. Выход акселерометра подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра.

8.5.3 Воспроизвести на виброустановке виброускорение с амплитудой 10 м/с² последовательно на частотах рабочего диапазона акселерометра и отсчитывают по вольтметру значения. Для каждого значения частоты рассчитывают значение коэффициента преобразования по формуле (1). Используя полученные значения коэффициентов преобразования, вычисляют их отклонения (см. п. 8.5) по формуле (3), %:

$$\delta = \frac{K_{di} - K_d}{K_d} \cdot 100, \quad (6)$$

где K_d - измеренное значение коэффициента преобразования акселерометра на опорной частоте 100 Гц, мВ/м/с²;

K_{di} - измеренное значение коэффициента преобразования акселерометра в i -той точке диапазона частот, мВ/м/с².

8.5.4 Наибольшее из отклонений δ принимают за неравномерность амплитудно-частотной характеристики:

$$\delta = |\delta_i|_{\text{max}}.$$

8.5.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если неравномерность амплитудно-частотной характеристики не превышает значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение	
	SLD144SA	SLD144B-T
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот, дБ:		
от 0,5 до 8000 Гц включ.	±1	-
от 2 до 5 Гц включ.	-	±3
св. 5 до 3150 Гц включ.	-	±1
св. 3150 до 10000 Гц включ.	-	±3

8.6 Определение нелинейности амплитудной характеристики

8.6.1 Нелинейность амплитудной характеристики акселерометра определяют на виброустановке в соответствии с руководством по эксплуатации на виброустановку.

8.6.2 Акселерометр закрепляют на измерительном столе виброустановки в соответствии с технической документацией на акселерометр. Выход акселерометра подключают соединительным кабелем к входу согласующего усилителя, выход которого соединяют с входом вольтметра.

8.6.3 Нелинейность амплитудной характеристики определяют не менее чем при трех значениях виброускорения, одно из которых должно быть минимальным, другое максимальным.

8.6.4 Последовательно задают виброускорение на выбранной частоте.

8.6.5 Считывают значение напряжения с выходов согласующих усилителей встроенного виброметра и проверяемого акселерометра. Рассчитывают значение коэффициента преобразования по формуле (1). Используя полученные значения коэффициентов преобразования, определяют среднее арифметическое значение коэффициента преобразования акселерометра (см. п. 8.5) по формуле (2).

Для каждого значения частоты определяют относительное отклонение коэффициента преобразования от среднего арифметического значения по формуле (7), %:

$$\delta_i = \frac{|K_{дi} - K_{ср}|}{K_{ср}} \cdot 100 \quad (7)$$

8.6.6 За нелинейность амплитудной характеристики акселерометра принимают максимальное значение, рассчитанное по формуле (8), %:

$$\delta_a = (\delta_i)_{\max} \quad (8)$$

8.6.7 Результаты поверки считают удовлетворительными, если максимальное значение нелинейности амплитудной характеристики акселерометра не превышает ±1 %.

8.7 Определение частоты установочного резонанса

8.7.1 Частоту установочного резонанса акселерометра осуществляется в ударном режиме.

8.7.2 Для определения значения частоты установочного резонанса акселерометра в ударном режиме применяют устройство, обеспечивающее возбуждение пьезоэлектрического акселерометра механическим ударом с помощью стального падающего шарика. Форма возбуждающего импульса близка к δ -импульсу.

8.7.3 Устройство для определения значения частоты установочного резонанса акселерометра состоит из стойки с кронштейнами, в которые устанавливаются направляющая трубка и через виброгасящую прокладку (например, поролоновую) рабочее тело. Рабочее тело представляет собой стальную сферу с лыской твердостью HRC не менее 50. Лыска рабочего тела служит для установки поверяемого акселерометра через резьбовое соединение. Между

акселерометром и рабочим телом наносят тонким слоем чистое машинное масло, чтобы компенсировать шероховатости контактных поверхностей. Направляющую трубку устанавливают таким образом, чтобы ее выходное отверстие (диаметром не более 5 мм) находилось над центром рабочего тела на расстоянии от 3 до 5 мм.

8.7.4 Акселерометр через согласующий усилитель подключают к регистрирующему устройству. В качестве регистрирующего устройства может применяться спектроанализатор или персональный компьютер с аналого-цифровым преобразователем и соответствующим программным обеспечением. В качестве падающего шарика применяют стальные шарики, твердость которых HRC не менее 50.

8.7.5 Закрепляют на лыске рабочего тела акселерометра способом, применяемым при его эксплуатации. Устанавливают рабочее тело с закрепленным акселерометром и направляющую трубку. Акселерометр через согласующий усилитель подключают к регистрирующему устройству. Приборы включают и прогревают в соответствии с Руководством по эксплуатации на них

8.7.6 В верхнее отверстие направляющей трубки опускают стальной шарик, возбуждающий при соударении с рабочим телом акселерометра. Выходной сигнал акселерометра фиксируют (запоминают) в регистрирующем устройстве, преобразуют в цифровую форму и с помощью преобразования Фурье получают амплитудную и фазовые спектральные характеристики, по которым определяют максимальное пиковое значение частоты, при котором сдвиг фазы на характеристике приблизительно равен 90° .

8.7.7 Процесс определения максимального пикового значения частоты повторяют не менее трех раз. Максимальные пиковые значения частот не должны отличаться друг от друга в проводимых экспериментах более, чем на 5 %.

8.7.8 За значение частоты установочного резонанса принимают среднее арифметическое значение, определенное по результатам, полученным в процессе измерений по п.п. 8.7.6 – 8.7.7.

8.7.9 Результаты поверки считают удовлетворительными, если частота установочного резонанса акселерометра для модели SLD144SA не менее 25 кГц, для модели SLD144B-T не менее 14 кГц.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проводится подтверждение соответствия метрологическим требованиям акселерометра по п. 8.3 отклонение действительного значения коэффициента преобразования акселерометра от номинального значения, выраженного в процентах. Полученные значения отклонения действительного значения коэффициента преобразования акселерометра от номинального значения не должны превышать для модели SLD144SA $\pm 10\%$, для модели SLD144B-T $\pm 25\%$.

9.2 Проводится подтверждение соответствия метрологическим требованиям акселерометра по п. 8.5 определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики акселерометра, выраженную в процентах. Полученные значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки считаются положительными, если характеристики акселерометра удовлетворяют всем требованиям данной методики. В этом случае результаты поверки оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации.

10.2 Нанесение знака поверки на акселерометр не предусмотрено.

10.3 При отрицательных результатах акселерометр к применению не допускается и результаты оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации с указанием причин о непригодности.