

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

УТВЕРЖДАЮ

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

А.Н. Пронин

м.п. «10» апреля 2019 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

АКСЕЛЕРОМЕТРЫ УДАРНЫЕ 8742АХ, 8743АХ, 8044

Методика поверки

МП 2520-087-2019

И. о. руководителя лаборатории 2520
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
Козляковский А. А.
« 09 » апреля 2019 г.

г. Санкт-Петербург

2019 г.

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на акселерометры 8742АХ, 8743АХ, 8044 (далее – акселерометры), фирмы «Kistler Holding AG», Швейцария и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

Допускается проведение периодической поверки акселерометров на меньшем числе поддиапазонов измерений на основании письменного заявления заказчика. В этом случае в свидетельстве о поверке обязательно указывается информация об объеме проведенной поверки.

Интервал между поверками – 2 года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Определение действительного коэффициента преобразования, относительного отклонения коэффициента от его номинального значения и проверка диапазона амплитуд измеряемых ударных ускорений	7.3	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	7.4	да	да
Определение резонансной частоты	7.5	да	нет
Проверка электрического сопротивления изоляции (для акселерометра 8044)	7.6	да	да
Проверка электрической емкости (для акселерометра 8044)	7.7	да	да

2 Средства поверки

2.1 Перечень средств поверки представлен в таблице 2

Таблица 2 - Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.2	- осциллограф цифровой TDS 1012B;	Диапазон частот 0 – 1 ГГц, диапазон напряжений 0,1 – 100 В, ПГ ±1 %, рег. № 32618-06.
7.2	- усилитель измерительный «NEXUS» модель 2692 A OS1/OS4	Частотный диапазон 0,1 Гц-100 кГц, коэффициент усиления от 0,01 до 1000 мВ/пКл, рег. № 17592-98.
7.3, 7.4,	-ГЭТ 57-84 ГПСЭ единицы ускорения при ударном движении	Диапазон амплитуд ударных ускорений от 10 до $1 \cdot 10^6$ м/с ² , ПГ ±4 %.
7.5	– устройство испытательное вспомогательное «Падающий шар»	Диаметр стальной рабочей сферы 20 мм, диаметр падающего шара ≤ 1 мм.
7.6	- измеритель емкости цифровой E8-4	Диапазон измерений емкостей от 0,03 пФ до 15,99 мФ, погрешность измерения 0,001Сизм.+ 0,02 пФ+ 1 ед. счета, рег. № 3870-73
7.7	- тераомметр цифровой Проф КиП E6-13М	Диапазон измерений электрического сопротивления от 0,1 МОм до 10 ТОм, погрешность измерения ±4 %, рег. № 71688-18.

2.2 Средства измерений, применяемые при поверке и средства, входящие в состав государственного специального эталона единицы ускорения при ударном движении ГЭТ 57-84, должны иметь действующие свидетельства о поверке

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

3 Требования к квалификации поверителей

Поверка акселерометров осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку, аттестованными в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НД) на поверяемые средства измерений.

4 Требования безопасности

При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования безопасности:

- средства измерений, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление;

- сопротивление заземления должно быть не более 4 Ом. Не допускается использовать в качестве заземления корпус (коробку) силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления;

- персонал, осуществляющий поверку, должен иметь удостоверение на право работы с установками, имеющими напряжение до 1000 В.

5 Условия проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:
температура окружающего воздуха, °С.....от 21 до 25
относительная влажность, %.....от 40 до 80
атмосферное давление, кПаот 92 до 108

6 Подготовка к поверке

Подготовка средств измерений к поверке должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» инструкции по эксплуатации и других нормативных документов на средства измерений и испытательное оборудование.

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

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

Поверку в целях утверждения типа может проводить специалист, имеющий высшее профессиональное образование

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Проверка внешнего вида и маркировки акселерометров проводится путем сравнения с технической документацией, представленной заявителем.

7.1.2 Результат поверки считается положительным, если конструкция и маркировка акселерометров соответствует требованиям технической документации на акселерометры.

7.2 Опробование

7.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность акселерометра. Поверяемый акселерометр со встроенным усилителем заряда (8742AX, 8743AX) соединить с входом ICP измерительного усилителя «NEXUS» мод. 2692 А OS1/OS4, выход которого соединить с входом осциллографа TDS 1012B.

При проверке акселерометра 8044 подключить его к зарядовому входу измерительного усилителя «NEXUS» мод. 2692 А OS1/OS4, выход которого аналогично подключить к осциллографу TDS 1012B.

7.2.2 Установить осциллограф в режим работы «Одиночный запуск».

7.2.3 Воздействовать на основание акселерометра легким механическим ударом, например, постукивая пластиковой ручкой отвертки, на экране осциллографа наблюдать появление импульсного сигнала полусинусоидальной формы с последующим его затуханием.

7.2.4 Результаты проверки считаются удовлетворительными, если на экране осциллографа TDS 1012B отмечено появление импульсного сигнала с последующим его затуханием.

7.3 Определение действительного коэффициента преобразования, относительного отклонения коэффициента от его номинального значения и проверка диапазона амплитуд измеряемых ударных ускорений

7.3.1 Коэффициент преобразования и диапазон амплитуд преобразуемых ударных ускорений акселерометра определяют на ГЭТ 57-84 ГПСЭ единицы ускорения при ударном движении в соответствии с руководством эксплуатации на эталон.

7.3.2 Поверяемый акселерометр мод 8742A5 установить на ГЭТ 57-84 с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект эталона таким образом, чтобы ось чувствительности акселерометра совпадала с направлением импульса ударного ускорения. В соответствии с рисунком А.1 Приложение А соединить эталонный и испытуемый акселерометры с входами измерительного усилителя «NEXUS» мод. 2692 А OS1/OS4, выходы которого соединить с входами осциллографа TDS 1012В, работающего в ждущем режиме. USB-разъем осциллографа подключить к ПК, (на ПК установлена программа «УДАР» для автоматического расчета коэффициента передачи и воспроизводимого ударного ускорения).

7.3.3 Воспроизвести ударный импульс амплитудой 10 м/с². На экране ПК в окне виртуального прибора «УДАР ПОВЕРКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ» отобразиться форма ударного импульса, его амплитуда (мВ), длительность фронта импульса (мс), действительная величина ударного ускорения (м/с²) и коэффициент преобразования (чувствительность) проверяемого акселерометра (мВ/м·с⁻² или пКл/м·с⁻²). Нажав клавишу «ЗАПОМНИТЬ», эти данные будут сохранены в электронной форме протокола.

7.3.4 Повторить действия, указанные в п.7.3.3 еще 2 раза и занести данные в таблицу 2.

7.3.5 Выполнить операции в соответствии с п. 7.3.3-7.3.4 настоящей МП для заданных ускорений 1000 (100·g), 10000 (1000·g), 20000 (2000·g) и 50000 (5000·g) м/с².

7.3.6 Рассчитать действительное значение коэффициента преобразования (чувствительности) акселерометра, как среднее арифметическое $S_{пр.действ.}$, мВ/м·с⁻² по формуле (1):

$$S_{пр.действ.} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{пр.i}}{n}, \quad (1)$$

где $S_{пр.i}$ – значение коэффициента преобразования по напряжению при i -том измерении;
 $n = 15$ – число измерений.

7.3.7 При проверке других акселерометров 8742АХ, 8743АХ произвести аналогичные операции (по п. 7.3.2-7.3.6 настоящей МП) для ударных ускорений, максимальные значения которых указаны в паспорте. Примерные значения ряда заданных ударных ускорений следующие: 50 (5·g), 1000 (100·g), 10000 (1000·g), 20000 (2000·g), 50000 (5000·g), 10⁵ (10000g), 5·10⁵ (50000 g), 10⁶ (100000g) м/с².

Для акселерометра 8044 заданные значения ударных ускорений: 10 (1·g), 1000 (100·g), 10000 (1000·g), 20000 (2000·g), 50000 (5000·g), 10⁵ (10000g) и 3·10⁵ (30000 g)

7.3.8 Рассчитать относительное отклонение (σ_s) полученного действительного коэффициента преобразования ($S_{пр}$) от его номинального значения ($S_{ном.}$ указан в паспорте на акселерометр) по формуле 2, %:

$$\sigma_s = \frac{S_{пр.} - S_{ном.}}{S_{ном.}} \cdot 100 \quad (2)$$

Полученное значение занести в таблицу 2.

Таблица 2 (поверяемый акселерометр мод 8742A5)

Задан. ускор., м/с ²	№ изм.	Измер. знач. ускор. <i>Апик.этал. i,</i> м/с ²	Коэфф. пр. <i>S_{пр. i}</i> , мВ/м·с ⁻² , (пКл/ м·с ⁻²)	Действ. знач. коэфф. пр. <i>S_{пр. действ.}</i> , мВ/м·с ⁻² (пКл/ м·с ⁻²) по 15-ти измерениям.	Относит. откл. действ. знач. <i>S_{пр}</i> от номин., σ_s , %
10	1				
	2				
	3				
1000	1				
	2				
	3				
10000	1				
	2				
	3				
20000	1				
	2				
	3				
50000	1				
	2				
	3				

7.3.9 Результаты поверки считают удовлетворительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от его номинального значения для акселерометров 8742АХ, 8743АХ не превышает $\pm 5\%$, для акселерометра 8044 не превышает $\pm 10\%$, а диапазон амплитуд измеряемых ударных ускорений соответствует значениям, указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Диапазоны измерений амплитуд ударного ускорения, м/с²

Тип акселерометра	Значение амплитуд ударного ускорения, м/с ²				
	8742A5	8742A10	8742A20	8742A50	
8742АХ	от 10 до $5 \cdot 10^4$	от 10 до 10^5	от 10 до $2 \cdot 10^5$	от 13 до $5 \cdot 10^5$	
8743АХ	8743A5	8743A10	8743A20	8743A50	8743A100
	от 10 до $5 \cdot 10^4$	от 10 до 10^5	от 10 до $2 \cdot 10^5$	от 13 до $5 \cdot 10^5$	от 26 до 10^6
8044	от 10 до $3 \cdot 10^5$				

7.4 Определение нелинейности амплитудной характеристики.

Нелинейность амплитудной характеристики (γ_a) поверяемого акселерометра определяется не менее чем на пяти значениях рабочего диапазона амплитуд ударного ускорения, одно из которых должно быть минимальным, другое – максимальным и три - промежуточными.

Примечание: нелинейность амплитудной характеристики возможно определять при проведении проверки по п. 7.3

7.4.1 В соответствии с рисунком А.1 Приложение А соединить эталонный акселерометр с входом 1, а испытуемый с входом 2 измерительного усилителя «NEXUS» мод. 2692 А OS1/OS4, выходы которого соединить с входами 1 и 2 осциллографа TDS 1012В, работающего в ждущем режиме. USB-разъем осциллографа подключить к ПК с установленной программой «УДАР».

7.4.2 Воспроизвести ударный импульс амплитудой 10 м/с². На экране ПК в окне виртуального прибора «УДАР ПОВЕРКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ» отобразиться 2 изображения ударных

импульсов, и в верхней правой таблице их измеренные амплитуды $U_{\text{макс.}}$, (В) по каналам «А» (эталонный) и «В» (испытуемый).

7.4.3 По формуле 3 рассчитать нелинейность амплитудной характеристики испытуемого акселерометра (γ_{ai}), % для пикового значения ударного ускорения 10 м/с^2 :

$$\gamma_{a.i} = \frac{U_{\text{пик.изм.2}} - (S_{\text{пр.действ.}} \cdot \alpha_{\text{пик.этал.}i})}{K_{\text{пр.2}} \cdot \alpha_{\text{МАКС}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где: $S_{\text{пр.действ.}}$ - действительное значение коэффициента преобразования при i -том значении ударного ускорения, $\text{мВ/м} \cdot \text{с}^{-2}$;

$K_{\text{пр.2}}$ - коэффициент преобразования второго (измеряемого) канала кондиционирующего усилителя сигналов мод. 2692А-ОS4;

$U_{\text{пик.изм.2}}$ - пиковое значение амплитуды напряжения, измеренного на выходе 2-го канала (канал В на экране ПК) кондиционирующего усилителя сигналов мод. 2692А-ОS4, В;

$\alpha_{\text{пик.этал.}i}$ - пиковое значение воспроизведенного ударного ускорения измеренного эталонным каналом (А) при i -том измерении, м/с^2 ;

$\alpha_{\text{МАКС}}$ - максимальное значение шкалы измерений амплитуды ударного ускорения для данного типа акселерометра, м/с^2 .¹

Полученное значение γ_{ai} занести в таблицу 4.

7.4.4 Выполнить операции в соответствии с п. 7.4.2-7.4.3 настоящей МП для заданных ударных ускорений в остальных 4-х точках диапазона ускорений данного акселерометра.

Полученные данные занести в табл. 4.

Таблица 4 (пример для акселерометра 8742А5)

№ изм.	Задан. ускор., м/с^2	$\alpha_{\text{пик.этал.}i}$, м/с^2	$U_{\text{пик.изм.2}}$, В	Нелинейность АХ, %	
				γ_{ai}	γ_a
1	10				
2	1000				
3	10000				
4	20000				
5	50000				

7.4.5 За нелинейность амплитудной характеристики (γ_a) испытуемого акселерометра в диапазоне амплитуд ударных ускорений принимается максимальное значение нелинейности АХ, определенное на каждой из 5-ти точек диапазона данного акселерометра:

$$\gamma_a = \left| \gamma_{ai} \right|_{\text{макс}} \quad (4)$$

7.4.6 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если нелинейность амплитудной характеристики в диапазоне амплитуд ударных ускорений не превышает $\pm 1,0\%$.

¹ Для акселерометров 8742АХ и 8743АХ $\alpha_{\text{МАКС}} = 5 \cdot 10^4, 10^5, 2 \cdot 10^5, 5 \cdot 10^5, 10^6 \text{ м/с}^2$;
для акселерометра 8044 $\alpha_{\text{МАКС}} = 3 \cdot 10^5 \text{ м/с}^2$.

7.5 Определение резонансной частоты

Определение собственной резонансной частоты поверяемого акселерометра производится с помощью устройства испытательного вспомогательного (далее УИВ) «Падающий шар» с применением импульсного режима возбуждения рабочего тела.

7.5.1 В соответствии со схемой на рисунке А.2 приложения А соединить акселерометр с входом усилителя заряда, выход которого соединить с входом осциллографа TDS 1012 В, работающего в ждущем режиме.

7.5.2 Поверяемый акселерометр закрепить на рабочем теле таким образом, чтобы ось чувствительности акселерометра совпадала с направлением колебаний рабочего тела при соударении с падающим шариком.

7.5.3 На УИВ произвести удар по рабочему телу шариком, и зарегистрировать отклик акселерометра на экране осциллографа.

7.5.4 Записанный на осциллографе сигнал направить в ПК.

7.5.5 Записанный в ПК сигнал, являющийся переходной характеристикой акселерометра, обработать по программе дифференцирования и получить импульсную характеристику акселерометра. Ее можно вывести на дисплей ПК и при необходимости распечатать с помощью принтера.

7.5.6 Обработывая импульсную характеристику с помощью преобразования Фурье получить собственную резонансную частоту акселерометра, как максимальную амплитуду на наименьшей частоте спектра.

7.5.7 Операции по п.п. 7.5.3-7.5.6 повторить еще 2 раза.

7.5.8 По формуле 5 рассчитать среднее арифметическое значение собственной резонансной частоты (кГц):

$$f_{\text{ср.рез}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (5)$$

где f_i – значение резонансной частоты поверяемого акселерометра при i -том измерении, кГц;
 $n = 3$ – количество измерений.

7.5.9 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота акселерометров 8742АХ и 8743АХ составляет не менее 100 кГц, а акселерометра 8044 не менее 90 кГц.

7.6 Проверка электрического сопротивления изоляции

7.6.1 Проверку электрического сопротивления изоляции произвести тераомметром с напряжением до 10,0 В (только для акселерометра 8044).

7.6.2 Измерить электрического сопротивления изоляции между сигнальным выходным контактом и корпусом поверяемого акселерометра.

7.6.3 Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренное электрическое сопротивление изоляции акселерометра 8044 составляет не менее 10^{13} Ом.

7.7 Проверка электрической емкости

7.7.1 Измерить электрическую емкость измерителем емкости между сигнальным выходным контактом и корпусом поверяемого акселерометра (только для мод. 8044).

7.7.2 Результаты проверки считаются удовлетворительными, если действительное значение электрической ёмкости акселерометра 8044 находится в пределах 60 пФ.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки считаются положительными, если характеристики преобразователя удовлетворяют всем требованиям данной методики. В этом случае на преобразователь выдается свидетельство о поверке.

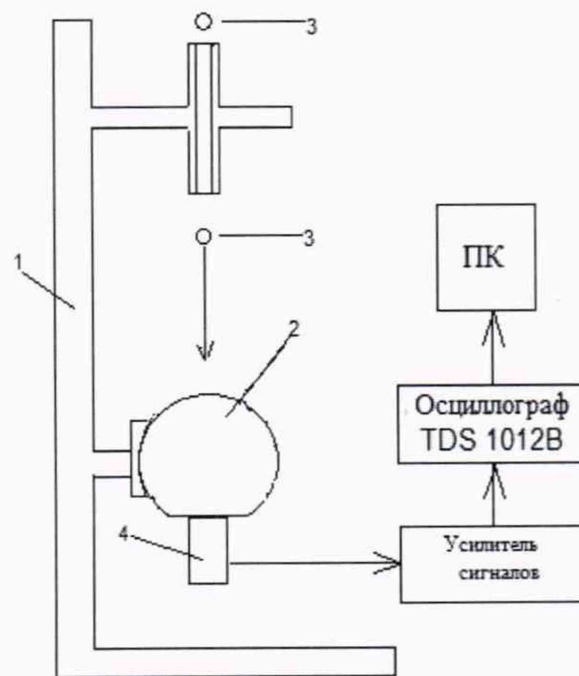
8.2. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и в руководство по эксплуатации

8.3. При отрицательных результатах преобразователь к применению не допускается и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Рисунок А.1 – Схема подключения акселерометра при определении коэффициента преобразования, проверки диапазона амплитуд преобразуемых ударных ускорений



1 – установка «Падающий шар»;
2 – рабочее тело;

3 – падающий шарик;
4 – поверяемый акселерометр.

Рисунок А.2– Схема подключения акселерометра на устройстве испытательном вспомогательном «Падающий шар» для определения резонансной частоты