

**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 <sup>2</sup> , 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, кПа .....от 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 пронаблюдать 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/с<sup>2</sup>. 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/с<sup>2</sup>) и коэффициент преобразования (чувствительность) проверяемого акселерометра (мВ/м·с<sup>-2</sup> или пКл/м·с<sup>-2</sup>). 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/с<sup>2</sup>.

7.3.6 Рассчитать действительное значение коэффициента преобразования (чувствительности) акселерометра, как среднее арифметическое  $S_{пр.действ.}$  мВ/ м·с<sup>-2</sup> 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), 10<sup>5</sup> (10000g), 5·10<sup>5</sup> (50000 g), 10<sup>6</sup> (100000g) м/с<sup>2</sup>.

Для акселерометра 8044 заданные значения ударных ускорений: 10 (1·g), 1000 (100·g), 10000 (1000·g), 20000 (2000·g), 50000 (5000·g), 10<sup>5</sup> (10000g) и 3·10<sup>5</sup> (30000 g)

7.3.8 Рассчитать относительное отклонение ( $\sigma_s$ ) 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 8742А5)

| Задан. ускор., $\text{м/с}^2$ | № изм. | Измер. знач. ускор. $A_{\text{тик.этал.}i}, \text{м/с}^2$ | Коэфф. пр. $S_{\text{пр.}i}, \text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}, (\text{пКл/м}\cdot\text{с}^{-2})$ | Действ. знач. коэфф. пр. $S_{\text{пр.действ.}}, \text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2} (\text{пКл/м}\cdot\text{с}^{-2})$ по 15-ти измерениям. | Относит. откл.действ. знач. $S_{\text{пр}}$ от номин., $\sigma_s, \%$ |
|-------------------------------|--------|---|---|---|---|
| 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,  $\text{м/с}^2$ 

| Тип акселерометра | Значение амплитуд ударного ускорения, $\text{м/с}^2$ |                 |                         |                         |                 |
|-------------------|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
|                   | 8742А5   | 8742А10         | 8742А20                 | 8742А50                 |                 |
| 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            | 8743А5   | 8743А10         | 8743А20                 | 8743А50                 | 8743А100        |
|                   | 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 ( $\gamma_a$ ) 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  $10 \text{ м/с}^2$ . 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 ( $\gamma_{ai}$ ), % для пикового значения ударного ускорения  $10 \text{ м/с}^2$ :

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

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,  $\text{м/с}^2$ ;

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

Полученное значение  $\gamma_{ai}$  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)

| №<br>изм. | Задан.<br>ускор., $\text{м/с}^2$ | $\alpha_{\text{пик.этал.}i}$ , $\text{м/с}^2$ | $U_{\text{пик.изм.2}}$ , В | Нелинейность АХ, % |            |
|-----------|----------------------------------|---|----------------------------|--------------------|------------|
|           |                                  |   |                            | $\gamma_{ai}$      | $\gamma_a$ |
| 1         | 10                               |   |                            |                    |            |
| 2         | 1000                             |   |                            |                    |            |
| 3         | 10000                            |   |                            |                    |            |
| 4         | 20000                            |   |                            |                    |            |
| 5         | 50000                            |   |                            |                    |            |

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

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

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

<sup>1</sup> 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.

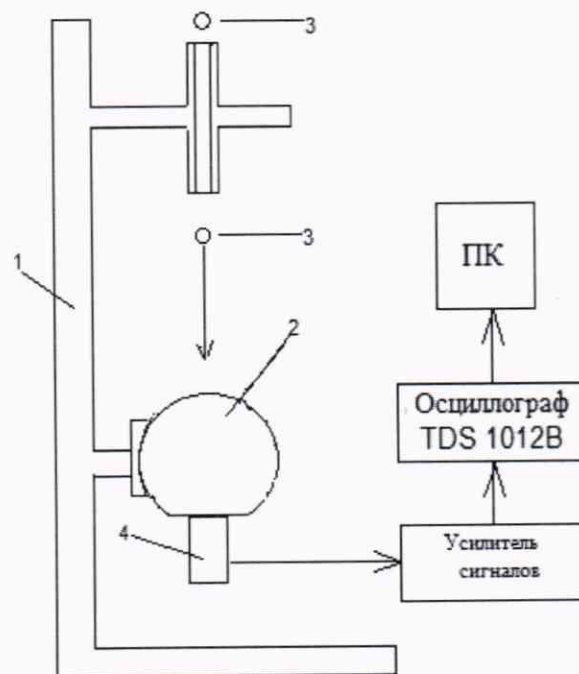
8.2. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и в руководство по эксплуатации

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