

УТВЕРЖДАЮ
АО НИИФИ»

Руководитель ЦИ СИ



М.Е. Горшенин М.Е. Горшенин

10 2015г.

АКСЕЛЕРОМЕТР

АЛС 007-00

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

СДАИ.402139.087МП

л.р. 62813-15

СОДЕРЖАНИЕ

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ.....	3
1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ.....	4
4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	4
5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....	4
6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	4
6.1 Проверка внешнего вида, массы и маркировки	4
6.2 Проверка габаритных размеров акселерометра.....	5
6.3 Проверка смещения нуля, коэффициента преобразования, нелинейности амплитудной характеристики и основной приведенной погрешности	5
6.4 Проверка неравномерности амплитудно-частотной характеристики в частотном диапазоне измерений.....	6
6.5 Контроль коэффициента преобразования и нелинейности амплитудной характеристики акселерометров с диапазонами измерений выше $\pm 500 \text{ м/с}^2$ методом ударного воздействия	7
7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	7
ПРИЛОЖЕНИЕ А Формы таблиц для регистрации результатов поверки.....	8
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Оперативная информация к обработке результатов проверок	10

Вводная часть

Настоящая методика по поверке распространяется на акселерометр АЛС 007-00 (далее по тексту – акселерометр), предназначенный для измерения вибрационных ускорений.

Межповерочный интервал – 2 года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики по поверке	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Проверка внешнего вида, массы и маркировки	6.1	да	да
2 Проверка габаритных размеров акселерометра	6.2	да	да
3 Проверка смещения нуля, коэффициента преобразования, нелинейности амплитудной характеристики и основной приведенной погрешности	6.3	да	да
4 Проверка неравномерности амплитудно-частотной характеристики в частотном диапазоне измерений	6.4	да	да
5 Контроль коэффициента преобразования и нелинейности амплитудной характеристики акселерометров с диапазонами измерений выше $\pm 500 \text{ м/с}^2$ методом ударного воздействия	6.5	да	да

1.2 При получении отрицательного результата при проведении любой операции поверка прекращается.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Основные метрологические характеристики
1 Штангенциркуль ШЦ	Диапазон измерений от 0 до 250 мм, погрешность $\pm 0,1 \text{ мм}$
2 Весы GR-202	Диапазон от 0,001 до 201 г, класс точности 1
3 Мультиметр цифровой 34410А	Диапазон от 0 до 1000 В, погрешность $\pm(0,0035-0,005)\%$, диапазон от 0 до 1000 В, погрешность $\pm 0,06 \%$
4 Источник питания постоянного тока Б5-71/4 ПРО	Диапазон от 0,2 до 75 В, погрешность $\pm(0,002 \% U_{\text{уст}} + 0,1 \% U_{\text{max}})$, диапазон от 0,03 до 4 А, погрешность $\pm(0,01 \% I_{\text{max}} + 0,05 \%)$
5 Вибростенд типа TIRA TV5220	Диапазон воспроизводимых ускорений $10-700 \text{ м/с}^2$, диапазон частот $5-7000 \text{ Гц}$, погрешность $\pm 1\%$
6 Вибростенд РСВ 396С1	Диапазон от 10 до 80 м/с^2 , ЧДИ от 2 до 50000 Гц ; погрешность $\pm 3 \%$
7 Ударная установка Р 35 OS	Длительность ударного импульса от 0,5 до 5 мс, величина ускорения от 100 до 30000 м/с^2 ; относительное СКО пикового ударного ускорения не более 7 %
8 Осциллограф цифровой запоминающий TDS 2012В	Диапазон от 0 до 100 МГц , от 2 мВ/дел до 5В/дел, погрешность (3-4)%
9 Акселерометр 353А60	Диапазон измерений виброускорений $\pm 490 \text{ м/с}^2$, диапазон рабочих частот от 5 до 20000 Гц , отклонение коэффициента преобразования от номинального значения $\pm 15 \%$

2.2 Допускается замена средств поверки, указанных в таблице 2, другими средствами поверки с равным или более высоким классом точности.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки необходимо соблюдать общие требования безопасности по ГОСТ 12.3.019-80 и требования на конкретное поверочное оборудование.

4 Условия поверки

4.1 Все операции при проведении поверки, если нет особых указаний, должны проводиться в нормальных климатических условиях:

- температура окружающего воздуха от 18 °С до 22 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 75 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.);
- напряжение питания (27^{+7}_{-3}) В.

Примечание – При температуре воздуха выше 30°С относительная влажность не должна превышать 70%.

4.2 При выполнении всех видов проверок запрещается:

- а) ПОДКЛЮЧАТЬ КАБЕЛИ ПИТАНИЯ К АКСЕЛЕРОМЕТРУ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ ПИТАНИЯ;
- б) ПРОВОДИТЬ РАБОТЫ, ЕСЛИ ШИНА ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПИТАНИЯ НЕ ОБЪЕДИНЕНА С КОРПУСОМ АКСЕЛЕРОМЕТРА.

5 Подготовка к поверке

5.1 Перед проведением поверки испытательные установки, стенды, аппаратура и электроизмерительные приборы должны иметь формуляры (паспорта) и соответствовать стандартам или техническим условиям на них.

5.2 Не допускается применять средства поверки, срок обязательных поверок которых истек.

5.3 Коммутации и подключения, связанные с монтажом схем испытаний, производить только при выключенном напряжении питания

5.4 Измерительные приборы, используемые при испытаниях, после включения должны быть прогреты в течение времени, предусмотренном инструкцией по эксплуатации на них.

5.5 В процессе конкретного вида испытаний менять приборы и оборудование не рекомендуется.

5.6 Контрольно-измерительные приборы должны быть надежно заземлены с целью исключения влияния электрических полей на результаты измерений.

6 Проведение поверки

6.1 Проверка внешнего вида, массы и маркировки

6.1.1 Проверку внешнего вида проводить визуальным осмотром.

При проверке внешнего вида внешним осмотром убедиться в отсутствии на поверхности акселерометра вмятин, забоин, отслоений покрытий и других дефектов.

6.1.2 Результаты проверки занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А1, приложения А.

6.1.3 Проверку массы акселерометра проводить взвешиванием на весах GR-202. Масса акселерометра должна быть не более 1,8 г.

6.1.4 Результаты проверки занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А1, приложения А.

6.1.5 Проверку маркировки акселерометра проводить визуальным осмотром.

У каждого акселерометра на корпусе должно быть отчетливо выгравировано:

- индекс акселерометра и порядковый номер исполнения;
- заводской номер;
- направление измерительной оси.

6.1.6 Результаты проверки занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А1, приложения А.

6.2 Проверка габаритных размеров акселерометра

6.2.1 Контроль габаритных размеров акселерометра Ø7,8h12 и $21^{+0,05}_{-0,55}$ мм проводить по СДАИ.402139.087СБ измерительными средствами, обеспечивающими заданную точность.

6.2.2 Результаты проверки занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А2, приложения А.

6.3 Проверка смещения нуля, коэффициента преобразования, нелинейности амплитудной характеристики и основной приведенной погрешности

6.3.1 Установить акселерометр на вибростенде типа TIRA измерительной осью вертикально, используя установочные отверстия стола вибростенда. Затянуть гайку на корпусе акселерометра моментным ключом с крутящим моментом (0,5 – 0,6) Н·м.

6.3.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источника питания G1, равным $(27 \pm 0,1)$ В, мультиметр PV1 – в режим измерения постоянного напряжения. Включить питание акселерометра.

6.3.3 Измерить смещение нуля акселерометра U_0 . Измеренное значение должно находиться в интервале от 12,0 до 14,0 В. При этом значение сопротивления нагрузки не должно превышать 6 кОм. Перевести вольтметр в режим измерения эффективного значения напряжения.

6.3.4 Подсчитать значение потребляемого тока I , мА, по формуле:

$$I = \frac{U_0}{R},$$

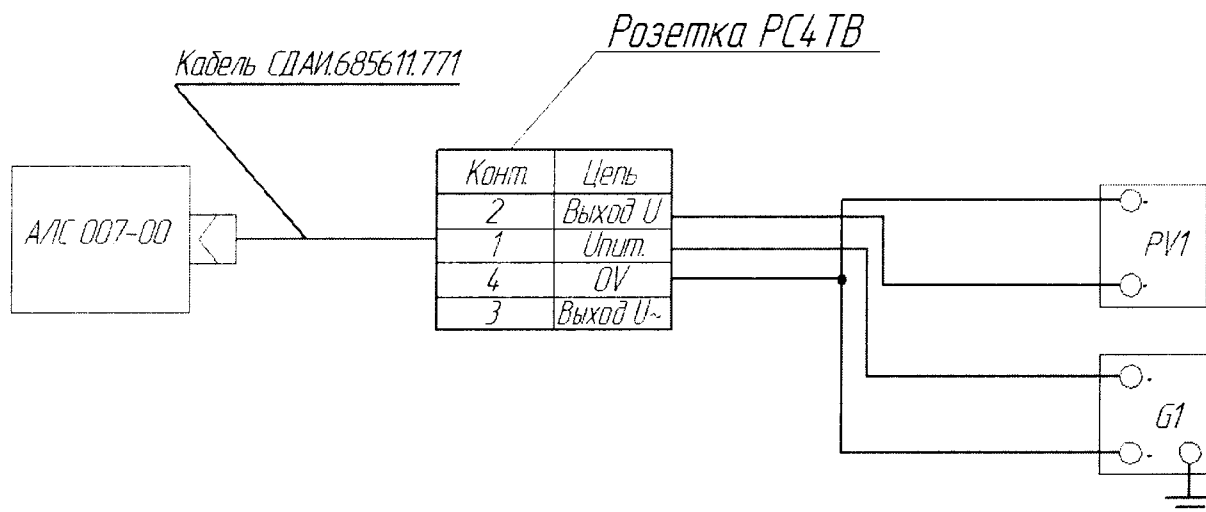
где R – сопротивление нагрузки, соответствующее U_0 , равному (12,0-14,0) В. Значение тока не должно превышать 20 мА.

6.3.5 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорения на частоте 1 кГц с амплитудой X_j , равной 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 и 500 м/с² ($j=1, \dots, 10$). Измерить эффективное значение выходного напряжения акселерометра U_j при каждом значении воспроизведённого ускорения X_j .

6.3.6 Результаты проверки занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А3, приложения А с точностью до одного знака после запятой.

6.3.7 Определить значения коэффициента преобразования K_0 , нелинейности амплитудной характеристики γ_{AX_j} для каждой точки градуирования по формулам (2), (3) таблицы Б1 при $j_{\max}=10$.

6.3.8 Определить значение основной приведенной погрешности γ_0 по формуле (1) таблицы Б1.



G1 – источник питания постоянного тока Б5-71/4 ПРО
PV1 – мультиметр Agilent 34410A

Рисунок 1 – Схема для контроля характеристик акселерометра

6.3.9 Результаты проверки считать положительными, если:

- смещение нуля находится в пределе от 12 до 14 В;
- коэффициент преобразования соответствует таблице 3;
- нелинейность амплитудной характеристики не более 10 %;
- основная приведенная погрешность находится в пределах $\pm 5\%$.

Таблица 3.

Наименование параметра	Требование по ТУ
Коэффициент преобразования в зависимости от исполнения, $\text{мВ} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$:	
– АЛС 007-00;	0,040 \pm 0,010
– АЛС 007-00.01;	0,080 \pm 0,016
– АЛС 007-00.02;	0,160 \pm 0,032
– АЛС 007-00.03;	0,400 \pm 0,100
– АЛС 007-00.04;	0,800 \pm 0,160
– АЛС 007-00.05;	4,000 \pm 1,000
– АЛС 007-00.06	8,000 \pm 1,600

6.4 Проверка неравномерности амплитудно-частотной характеристики в частотном диапазоне измерений

6.4.1 Очистить основание акселерометра и установочное отверстие приспособления МКНИ.441558.928.

6.4.2 Нанести на установочную поверхность приспособления МКНИ.441558.928 тонкий слой силиконовой смазки.

6.4.3 Установить акселерометр с помощью приспособления МКНИ.441558.928 на столе вибростенда типа РСВ396С1.

6.4.4 Затянуть гайку на корпусе акселерометра моментным ключом с крутящим моментом (0,5 – 0,6) Н·м.

6.4.5 Выполнить операции по пп. 6.3.2 – 6.3.4.

6.4.6 Подвергнуть акселерометр воздействию ускорения, равному (80 – 100) м/с^2 на частотах в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Диапазон измерений, м/с^2	ЧДИ, Гц	Частота воспроизводимого виброускорения, Гц
± 100000 ± 50000 ± 25000 ± 5000	10 – 30000	50, 100, 160, 200, 400, 800, 1000, 1600, 3200, 6400, 7000, 8000, 9000, 10000 , 12000, 14000, 16000, 18000, и 20000
± 1000	10 – 15000	50, 100, 160, 200, 400, 600, 800, 1000, 1600, 3200, 5000, 6400, 7000, 8000, 9000, 10000 , 12000, 14000, 15000
± 500	10 – 10000	100, 160, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 , 7000, 8000, 9000, 10000
± 10000	10 – 6000	100, 160, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 1800, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 , 4500, 5000, 5500, 6000

6.4.7 При каждом значении частоты проводить измерение эффективного значения выходного сигнала акселерометра U_{fj} ($j=1, \dots, 19$).

6.4.8 Определить неравномерность АЧХ по формуле (4) таблицы Б1.

6.4.9 Результаты проверки занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А4, приложения А с точностью до одного знака после запятой.

6.4.10 Результаты испытаний считать положительными, если неравномерность амплитудно-частотной характеристики в частотном диапазоне измерений находится в пределах $\pm 1,5$ дБ.

6.5 Контроль коэффициента преобразования и нелинейности амплитудной характеристики акселерометров с диапазонами измерений выше $\pm 500 \text{ м/с}^2$ методом ударного воздействия

6.5.1 Установить акселерометр на столе ударной установки Р 35 OS таким образом, чтобы направление измерительной оси совпадало с направлением воздействия удара. Затянуть гайку на корпусе акселерометра моментным ключом с крутящим моментом $(0,5 - 0,6) \text{ Н}\cdot\text{м}$.

6.5.2 Подготовить акселерометр к работе по пп. 4.8.2 – 4.8.4. Подключить осциллограф к выводам «0V» и «Выход» кабеля СДАИ.685611.771.

6.5.3 Настроить осциллограф на запоминание формы импульсного сигнала по переднему фронту, для чего войти в меню синхронизации осциллографа нажатием кнопки TRIG MENU на панели осциллографа. При этом на экране осциллографа должна высветиться опция TRIGGER.

6.5.4 Перевести параметр Source в положение Source Ext нажатием кнопки с правой стороны экрана.

6.5.5 Подключить выход контрольного датчика ударного стенда ко входу осциллографа EXT TRIG «Внеш. синх».

6.5.6 Изменением положения регулятора SEC/DIV добиться на экране осциллографа высвечивания положения 10 ms , а изменением положения регулятора VOLTS/DIV над входами CH1, CH2 – высвечивания положения 500 mV .

6.5.7 Подвергнуть акселерометр воздействию ударного импульса с длительностью до 10 мс и амплитудой, соответствующей диапазону измерений.

6.5.8 Записать в память осциллографа осциллограммы выходного сигнала контрольного датчика и выходного сигнала акселерометра. При отсутствии выходного импульса на экране осциллографа повторять операции п. 6.5.7 до получения положительного результата.

6.5.9 С помощью системы курсоров осциллографа определить амплитуду импульсов с выхода контрольного датчика Bruel&Kjaer тип 8307 U_{yj} и с выхода акселерометра U_j ($j = 1$). Результаты занести в таблицу А.5 приложения А.

6.5.10 Повторить операции по пп. 6.5.8, 6.5.9 еще один раз ($j = 2$).

Результаты измерений занести в таблицу А.5 приложения А.

6.5.11 Подсчитать значение коэффициента преобразования акселерометра K_y по формуле (5) и предельное значение нелинейности амплитудной характеристики γ_y , определенных методом ударного воздействия, по формуле (6) таблицы 10.

4.11.12 Результаты испытаний считать положительными, если:

- коэффициент преобразования соответствует таблице 3;
- нелинейность амплитудной характеристики не более 10% .

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки преобразователей оформить в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Формы таблиц для регистрации результатов поверки

Таблица А1 – Результаты проверки внешнего вида, массы и маркировки

Наименование параметра	Действительное состояние		
	Заводской номер		
Внешний вид			
Масса, г, не более 1,8			
Маркировка			

Таблица А2 – Результаты определения габаритных и установочных размеров

Наименование параметра	Требование ТУ	Действительное значение		
		Заводской номер		
Габаритные размеры, мм, не более	Ø7,8h12 и $21^{+0,05}_{-0,55}$			

Таблица А3 – Результаты проверки смещения нуля, коэффициента преобразования, нелинейности амплитудной характеристики и основной приведенной погрешности

Порядковый номер точки градуировки, j	Амплитуда измеряемого ускорения, X_j , м/с ²	Эффективное значение выходного напряжения U_j , мВ
1	50	
2	100	
3	150	
4	200	
5	250	
6	300	
7	350	
8	400	
9	450	
10	500	
Контролируемый параметр	Норма по ТУ	Действительное значение
Смещение нуля, U_0 , В	от 12,0 до 17,0	
Коэффициент преобразования в зависимости от исполнения, мВ·с ² ·м ⁻¹ : – АЛС 007-00; – АЛС 007-00.01; – АЛС 007-00.02; – АЛС 007-00.03; – АЛС 007-00.04; – АЛС 007-00.05; – АЛС 007-00.06	0,040±0,010 0,080±0,016 0,160±0,032 0,400±0,100 0,800±0,160 4,000±1,000 8,000±1,600	
Нелинейность амплитудной характеристики, не более, %	10	
Основная приведенная погрешность, в пределах, %	±5	

Таблица А4 – Результаты проверки неравномерности амплитудно-частотной характеристики в частотном диапазоне измерений

Порядковый номер измерения, j	Частота измеряемого виброускорения f_j , Гц	Эффективное значение выходного напряжения, U_{fi} , мВ
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
Контролируемый параметр	Норма по ТУ	Действительное значение
Неравномерность АЧХ, в пределах, дБ	$\pm 1,5$	

Таблица А.5 – Результаты определения нелинейности амплитудной характеристики акселерометров с диапазонами выше $\pm 500 \text{ м/с}^2$ методом ударного воздействия

Порядковый номер измерения, j	Выходное напряжение, мВ	
	U_j	U_{vj}
1		
2		
Чувствительность контрольного датчика Bruel&Kjaer тип 8307, мВ/г		

Оперативная информация к обработке результатов проверок

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
1 Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность 0,95	$K=1,1$
2 Указания по определению основной погрешности	<p>Подсчитать и вывести на печать значения приведенной основной погрешности акселерометра по формуле</p> $\gamma_0 = 1,1\sqrt{\gamma_B^2 + \gamma_{AX}^2}, \quad (1)$ <p>где γ_B – погрешности измерения ускорения, воспроизведенного вибростендом на базовой частоте с учетом погрешности измерения выходного напряжения акселерометра, не превышающие 1 %;</p> <p>γ_{AX} – максимальное фактическое значение нелинейности амплитудной характеристики, рассчитываемое по формуле (3).</p>
3 Коэффициент преобразования и нелинейность амплитудной характеристики в каждой точке градуирования	<p>Подсчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования K_0 в $\text{мВ} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$, и максимальное значение нелинейности, $\gamma_{AX\max}$, %</p> $K_0 = \frac{1,4142}{(j_{\max} - 1)} \cdot \sum_{j=1}^{j_{\max}-1} \left \frac{(U_{j+1} - U_j)}{(X_{j+1} - X_j)} \right , \quad (2)$ $\gamma_{AXj} = \frac{K_j - K_{\text{ср}}}{K_{\text{ср}}} \cdot 100, \quad (3)$ <p>где K_j – значение коэффициента преобразования в j-той точке, равное $K_j = 1,4142 \cdot \frac{U_j}{X_j}$;</p> <p>$K_{\text{ср}}$ – среднее значение коэффициента преобразования, равное $K_{\text{ср}} = \frac{1}{j} \sum_{j=1}^j K_j$.</p>
4 Неравномерность АЧХ	<p>Подсчитать неравномерность АЧХ в ЧДИ в дБ по формуле</p> $\gamma_{\text{н}} = 20 \lg \frac{U_j}{U_0}, \quad (4)$ <p>где U_0 – эффективное значение выходного напряжения акселерометра, измеренное на базовой частоте, мВ, а U_j – значение выходного напряжения в каждой j точке измерений</p> <p>Вывести на печать значение $\gamma_{\text{н}}$ на частоте 20 кГц.</p>
5 Коэффициент преобразования, определенный методом ударного воздействия	<p>Подсчитать значение коэффициента преобразования K_y в $\text{мВ} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$</p> $K_y = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \frac{U_j \cdot K_{\kappa}}{U_{yj}}, \quad (5)$ <p>где K_{κ} – чувствительность контрольного датчика вибростенда в мВ/г.</p>

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
6 Предельное значение нелинейности амплитудной характеристики, определенное методом ударного воздействия	<p>Подсчитать предельное значение нелинейности амплитудной характеристики γ_y в %</p> $\gamma_y = \frac{K_y - K_0}{K_0} \cdot 100, \quad (6)$ <p>где K_0 – значение коэффициента преобразования, определенное по формуле (2).</p>