

УТВЕРЖДАЮ

АО «НИИФИ»

Руководитель ЦИ СИ



М.Е. Горшенин

07 2015 г.

Акселерометр низкочастотный линейный

АЛЕ 049

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

СДАИ.402139.023МП

л.р. 62165-15

Вводная часть

Настоящая методика поверки распространяется на акселерометр низкочастотный линейный АЛЕ 049 (акселерометр), предназначенный для измерения низкочастотного линейного ускорения.

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 Контроль внешнего вида и маркировки	6.1	да	да
2 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Определение дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды $\gamma(t)$ от минус 50 °С до 50 °С	6.2	да	да
3 Расчет начального уровня выходного напряжения акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от ± 22 до 1400 м/с ² . Расчет параметров функции преобразования акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6$ и ± 11 м/с ²	6.3	да	да
4 Определение коэффициента преобразования, основной приведенной погрешности и среднего квадратического отклонения нелинейности градуировочной характеристики (погрешности аппроксимации) акселерометров с диапазонами измерений -10+50; от ± 22 до ± 220 м/с ² .	6.4	да	да
5 Определение коэффициента преобразования, основной погрешности и коэффициента преобразования, основной приведенной погрешности и среднего квадратического отклонения нелинейности градуировочной характеристики (погрешности аппроксимации) акселерометров с диапазонами измерений 0+400, 0+800, 0+1200 м/с ² .	6.5	да	да
6 Контроль основной приведенной погрешности	6.6	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 Оптическая делительная головка ОДГЭ-5	Диапазон (0 – 360n) град, погрешность $\pm(5+5\sin\alpha/2)$ сек
2 Вольтметр В7-16А	Диапазон (0,1 – 1000) В, погрешность КТ $\pm(0,05/0,05-0,1/0,1)\%$
3 Источник питания постоянного тока Б5-71/4м	Диапазон (0,2 – 75) В, (0,1 – 4) А ПГ $\pm(0,008U_{\text{уст}}+0,1)$ В, ПГ $\pm(0,02I_{\text{max}}+0,05)$ А
4 Градуировочный комплекс ТЕМП-2	Диапазон воспроизводимых линейных ускорений 5-1500 м/с ² . Относительная среднеквадратичная погрешность воспроизведения ускорений в диапазоне 10-100 м/с ² не более 0,2 %, в диапазоне 100 – 1500 м/с ² не более 0,03 %
5 Климатическая камера 3524/58	Диапазон температур от минус 70°С до 100 °С; равномерность температуры в камере $\pm 1,2$ °С
6 Прибор комбинированный Ц-4353	Диапазон (0 – 600) В, (0 – 1500) мА, класс точности 1,5
7 Мультиметр Agilent 34401А	Диапазон 0 – 1000 В, погрешность $\pm(0,0035 – 0,005)\%$
8 Пульт П 060 СДАИ.411562.002 ТУ	-
9 Технологический кабель СДАИ.685611.090	-
10 Приспособление установочное МКНИ.441558.308	-
11 Приспособление установочное МКНИ.441558.414	-
12 Приспособление установочное МКНИ.441558.307	-
13 Приспособление установочное МКНИ.441558.307-01	-

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 воздуха от 18 °С до 22 °С для диапазонов измерений до ± 11 м/с² включительно и от 15 °С до 35 °С для остальных диапазонов измерений;
- относительная влажность воздуха от 45% до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.).

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

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 Предварительный прогрев контрольно-измерительных приборов должен соответствовать требованиям технических описаний и инструкций по эксплуатации на них.

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

5.5 В процессе поверки датчика менять средства измерений не рекомендуется.

5.6 Порядок проведения испытаний должен соответствовать порядку изложения видов испытаний в таблице 1.

6 Проведение поверки

6.1 Контроль внешнего вида и маркировки.

Контроль внешнего вида и маркировки датчика проводить визуальным осмотром.

При проверке внешнего вида руководствоваться следующими требованиями.

Не допускается на поверхности акселерометра рваные края, сколы, трещины, вмятины, следы коррозии, раковины, отслоение покрытия и другие дефекты за исключением отдельных царапин и вмятин (точек), которые не ухудшают шероховатость поверхности более, чем на один диапазон числовых значений параметров, указанных в конструкторской документации.

Наружная поверхность трубки кабельной перемычки должна быть ровной, без трещин, пор, пузырей и отслоений.

На корпусе каждого датчика должно быть отчетливо выгравировано:

- АЛЕ 049 – индекс акселерометра;
 - ±11 – наибольшее и наименьшее значение диапазона измерений;
- 16 – наибольшее значение частоты частотного диапазона измерений (далее – ЧДИ);
- XXXXXX – заводской номер;
 - направление измерительной оси – «↑»;
- СЭ – знак защиты от статического электричества.

6.2 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Определение дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды $\gamma(t)$ от минус 50 °С до 50 °С

6.2.1 Установить приспособление МКНИ.441558.307-01 в камеру тепла и холода. Подстыковать его к оптической делительной головке ОДГЭ-5 и выставить его в горизонт в двух направлениях при помощи уровня брускового 200-0,05 ГОСТ 9392 так, чтобы пузырек уровня был на середине ампулы с точностью ±1 деление.

6.2.2 Закрепить акселерометр за плоскость YOZ на приспособлении так, чтобы при горизонтальном положении приспособления ось X была направлена стрелкой вверх, а ось Y находилась в горизонтальной плоскости и направлена вдоль продольной оси приспособления.

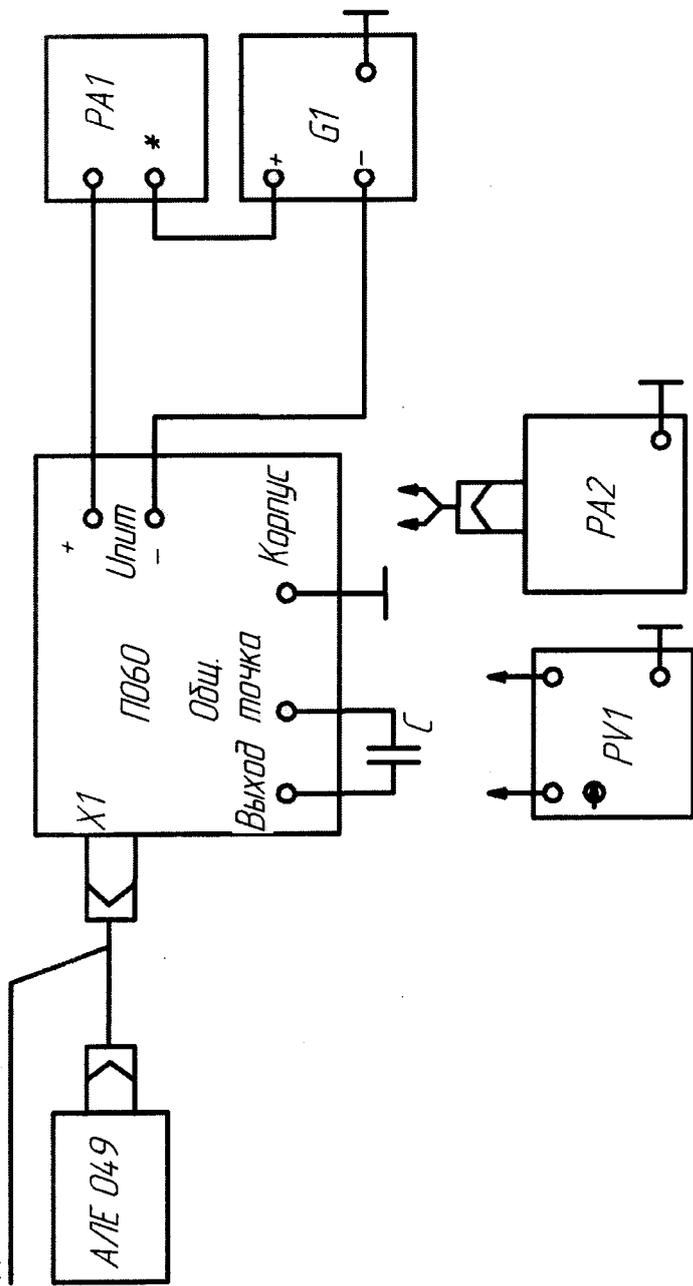
Повернуть шпиндель оптической делительной головки на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГЭ-5 должны быть нулевыми.

Примечание – Начало системы координат 0 определяется как точка пересечения осей X, Y, Z и на корпусе акселерометра не гравировается.

6.2.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить с помощью вольтметра PV1 напряжение источника G1 равным $(27,0 \pm 0,1)$ В. Подключить вольтметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 10 мин для диапазонов измерений от $\pm 5,6$ до ± 22 м/с².

6.2.4 Измерить выходное напряжение акселерометра. Измеренное напряжение не должно выходить за пределы $(0,6 \pm 0,3)$ В для диапазонов измерений от 0+400 до 0+1200 м/с², $(3,0 \pm 0,3)$ В для диапазонов измерений от $\pm 5,6$ до ± 1400 м/с²; $(1 \pm 0,15)$ В для диапазона измерений $(-10+50$ м/с²). Выключить питание акселерометра.

СДАИ.685611.090



С - конденсатор К10-17а-Н90-8200 пФ-В ОЖО.460.107ТУ;

G1 - источник питания постоянного тока Б5-49;

PV1 - вольтметр универсальный цифровой В7-16А;

PV2 - мультиметр Agilent 34401А;

РА1 - комбинированный прибор Ц-4353.

Рисунок 1 - Схема для контроля характеристик акселерометра

6.2.5 Установить в камере температуру, равную минус 50 °С и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч в выключенном состоянии.

6.2.6 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол α (значение угла α см. в таблице 3) по часовой или против часовой стрелки так, чтобы выходное напряжение акселерометра уменьшилось.

Считать этот угол отрицательным. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uit} ($j=1$).

6.2.7 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол плюс α и измерить выходное напряжение акселерометра U_{ui9} .

6.2.8 Выполнить операции по пунктам 6.2.6, 6.2.7 еще 3 раза.

Примечание – Условное обозначение выходных напряжений U_{uij} расшифровывается как выходное напряжение при испытаниях на воздействие температуры окружающей среды t при u -м значении температуры, i -м цикле градуировки, j -й точке градуировки.

Результаты температурных испытаний для 1-й и 9-й точек ГХ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы Б.1.

6.2.9 Установить в камере температуру 20 °С и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч. Включить питание и выдержать акселерометр включенным в течение 10 мин для диапазонов измерений от $\pm 5,6$ до ± 22 м/с² и в течение 1 мин для всех остальных диапазонов измерений. Таблица 3 – Значение углов наклона измерительной оси X к горизонтали при определении диапазонов измерения выходного напряжения ГХ акселерометров

Диапазон измерений, м/с ²	Угол наклона оси X при снятии ГХ, град.		Значение sin α
	α		
$\pm 5,6$	α	35	0,57358
	α_1	27	0,45399
	α_2	18	0,30901
	α_3	9	0,15643
	α_4	0	0
± 11	α	90	1,00000
	α_1	45	0,70711
	α_2	30	0,50000
	α_3	15	0,25882
	α_4	0	0
от ± 22 до ± 1400 ; 0+400; 0+800; 0+1200; -10+50	α	90	1,00000
	α_4	0	0

6.2.10 Для акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от ± 22 до ± 1400 м/с² измерить выходное напряжение U_{i5} ($i=1$).

6.2.10.1 Повернуть шпиндель делительной головки на 180° и измерить выходное напряжение U_{i5} ($i=2$).

6.2.10.2 Повернуть шпиндель делительной головки так, чтобы показания на лимбах были нулевыми. Повторить операции по пунктам 6.2.10, 6.2.10.1 еще раз ($i=3, 4$).

Результаты измерений начального уровня U_{i5} занести в таблицу, выполненную по форме таблицы Б.2.

6.2.11 Для акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6, \pm 11$ м/с² измерить выходное напряжение U_{01} при нулевых показаниях лимбов.

6.2.11.1 Повернуть шпиндель головки на угол 180° и измерить выходное напряжение U_{02} . Определить U'_0 в В по формуле

$$U'_0 = \frac{U_{01} + U_{02}}{2}$$

6.2.11.2 Повернуть шпиндель головки в ту или другую сторону, найти такое положение, чтобы показания вольтметра соответствовали значению U'_0 , определенному по п. 6.2.11.1. Зафиксировать угол α'_0 .

6.2.11.3 Повернуть шпиндель головки на угол 180° относительно α'_0 и измерить выходное напряжение U''_0 . Определить U_0 в В по формуле

$$U_0 = \frac{U'_0 + U''_0}{2} = U_5$$

6.2.11.4 Поворачивая шпиндель головки в ту или другую сторону, найти такое положение, чтобы показания вольтметра соответствовали значению U_0 , определенному по п. 6.2.11.3. Зафиксировать угол α_0 .

6.2.11.5 Выдержать акселерометр во включенном состоянии в течение времени 1 ч. Измерить выходные напряжения U_{ij}^M ($i=1, j=1, \dots, 9$), соответствующие 1, ..., 9 точкам прямого хорда ГХ, поворачивая шпиндель оптической делительной головки на угол минус ($\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$), $\alpha_4, \alpha_3, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_1, \alpha_1$ относительно α_0 .

6.2.11.6 Поворачивая шпиндель оптической делительной головки от угла плюс α до угла минус α , измерить выходные напряжения $U_{i9}^B, \dots, U_{i1}^B$ ($i=1, j=9, \dots, 1$), соответствующие 9, ..., 1 точкам обратного хода ГХ.

6.2.11.7 Повернуть шпиндель оптической делительной головки так, чтобы на лимбах были показания угла α_0 . Выключить питание акселерометра.

Результаты определения ГХ при температуре 20°C занести в таблицу, выполненную по форме таблицы Б.3.

6.2.12 Для акселерометров с диапазонами измерений $-10+50$ и от ± 22 до ± 1400 м/с² снять 4 раза ГХ по методам пунктов 6.2.6, 6.2.7. Повернуть шпиндель делительной головки так, чтобы на лимбах были нулевые показания.

6.2.13 Установить в камере температуру 50 °С ($u=2$) и выдержать в ней акселерометр в выключенном состоянии в течение 1 ч. Отстыковать соединительный кабель от пульта и измерить сопротивление изоляции акселерометра по пункту 6.5.1. Сопротивление изоляции должно быть не менее 5 МОм. Подстыковать соединительный кабель к пульту, включить питание и выдержать акселерометр во включенном состоянии в течение 1 ч.

Измерить эффективное значение пульсаций выходного напряжения с помощью вольтметра PV2. Измеренное значение пульсаций выходного напряжения не должно превышать 10 мВ, для акселерометров с ЧДИ 0-200, 0-256 Гц – 15 мВ.

6.2.14 Снять 4 раза ГХ по методам пунктов 6.2.6, 6.2.7. Повернуть шпиндель делительной головки так, чтобы на лимбах были нулевые показания. Выключить питание акселерометра.

6.2.15 Обработать результаты испытаний по таблице Б.1 при температурах минус 50 и 50 °С по формулам (16), (17) приложения А.1.

Значение дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды от минус 50 °С до 50 °С $\gamma_{(t)}$ должно быть в пределах $\pm 0,2$ %; для акселерометров с ЧДИ 0 – 200 Гц, 0 – 256 Гц – в пределах $\pm 0,5$ %.

6.3 Расчет начального уровня выходного напряжения акселерометров с диапазонами измерений $-10+50$ и от ± 22 до 1400 м/с². Расчет параметров функции преобразования акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6$ и ± 11 м/с²

6.3.1 Обработать результаты испытаний по формулам (8), (9) таблицы А.1.

Результаты испытаний считать положительными, если

- значение начального уровня выходного напряжения при отсутствии измеряемого ускорения для акселерометров с диапазонами измерений $-10+50$ и от $\pm 5,6$ до ± 1400 м/с² соответствует требованиям таблицы 4;

- значение коэффициента преобразования соответствует требованиям таблицы 4;

- значение среднего квадратического отклонения нелинейности градуировочной характеристики (погрешности аппроксимации) σ_a должно находиться в пределах $\pm 0,5$ % для акселерометров с ЧДИ 0 – 200 Гц, 0 – 256 Гц и $\pm 0,2$ % для остальных диапазонов измерений.

Таблица 4

Значение начального уровня выходного напряжения при отсутствии измеряемого ускорения, В, для диапазонов измерений: от 0+400 м/с ² до 0+1200 м/с ² от ±5,6 м/с ² до ±1400 м/с ² -10+50 м/с ²	0,6±0,3 3,0±0,3 1,000±0,150
Коэффициент преобразования, В·с ² /м: – для акселерометров с ЧДИ 0-8 Гц; 0-16 Гц; 0-32 Гц; 0-64 Гц	
±5,6 м/с ²	от 0,433917 до 0,48213
±11 м/с ²	от 0,220905 до 0,24545
±22 м/с ²	от 0,110457 до 0,12273
±45 м/с ²	от 0,054000 до 0,06000
-10+50 м/с ²	от 0,078480 до 0,08720
±90 м/с ²	от 0,027000 до 0,03000
±180 м/с ²	от 0,013500 до 0,016500
±270 м/с ²	от 0,009000 до 0,011000
±350 м/с ²	от 0,006939 до 0,008481
±700 м/с ²	от 0,003474 до 0,004246
0+400 м/с ²	от 0,011925 до 0,014575
0+800 м/с ²	от 0,005967 до 0,007293
0+1200 м/с ²	от 0,003978 до 0,004862
±1200 м/с ²	от 0,001989 до 0,002431
– для акселерометров с ЧДИ 0–128 Гц, 0–200 Гц, 0–256 Гц	
±180 м/с ²	от 0,0127500 до 0,0172500
±350 м/с ²	от 0,0065535 до 0,0088665
±700 м/с ²	от 0,0032810 до 0,0044390
±1200 м/с ²	от 0,0018785 до 0,0025415
±1400 м/с ²	от 0,0015810 до 0,0021390

6.4 Определение коэффициента преобразования, основной приведенной погрешности и среднего квадратического отклонения нелинейности градуировочной характеристики (погрешности аппроксимации) акселерометров с диапазонами измерений –10+50; от ±22 до ±220 м/с².

6.4.1 Установить акселерометр на установочную плоскость YOZ на платформе градуировочной центрифуги ТЕМП 2 с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.308 осью X стрелкой "↑" от центра вращения, что соответствует заданию отрицательных ускорений.

6.4.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2. Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 равным 34₋₀₁ В.

6.4.3 Включить центрифугу и создать ускорение, равное диапазону измерений акселерометра.

6.4.4 Измерить при напряжении питания $34_{-0,1}$ В выходное напряжение акселерометра U_{ij} ($u=1, i=1, j=1$).

6.4.5 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 равным $23^{+0,1}$ В. Измерить при напряжении питания $23^{+0,1}$ В выходное напряжение акселерометра U_{ij} ($u=2, i=1, j=1$).

6.4.6 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 равным $(27,0 \pm 0,1)$ В.

6.4.7 Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 100, 75, 50, 25, 0 % от диапазона измерений ($i=1, j=1, \dots, 5$).

6.4.8 Повернуть приспособление МКНИ.441558.308 на 180 градусов, что соответствует заданию положительных ускорений. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 25, 50, 75, 100 % от диапазона измерений ($i=1, j=6, \dots, 9$).

6.4.9 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 равным $34_{-0,1}$ В. Выполнить операции по пунктам 6.4.4 – 6.4.6 ($u=1;2, i=1, j=9$).

Записать результаты измерений, соответствующие $u=1;2, i=1, j=9$ в таблицу дважды ($u=1;2, i=2, j=9$).

6.4.10 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 равным $(27,0 \pm 0,1)$ В. Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра при значениях ускорения, равных 100, 75, 50, 25, 0 % U_{ij}^B от диапазона измерений ($i=1, j=9, \dots, 5$).

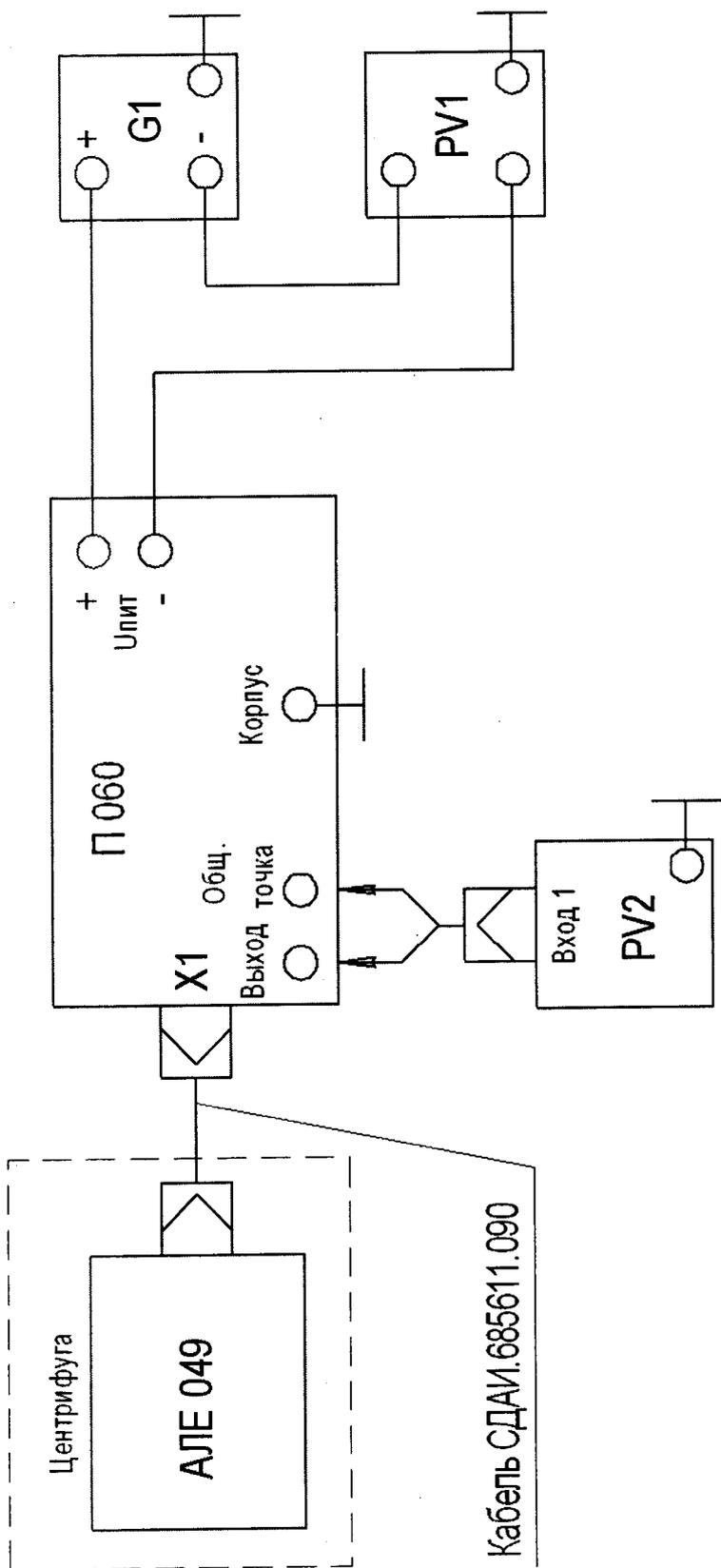
6.4.11 Повернуть акселерометр на 180 градусов и измерить его выходные напряжения U_{ij}^B при значениях ускорения равных 25, 50, 75, 100 % от диапазона измерений ($i=2, j=4, \dots, 1$).

6.4.12 Провести измерения, выполняя операции пунктов 6.4.4, 6.4.5 ($u=1;2, i=2, j=1$).

6.4.13 Установить выходное напряжение источника G1 равным $34_{-0,1}$ В. Выполнить операции по пунктам 6.4.3 – 6.4.12 еще один раз ($i=3, 4$)

Результаты измерений выходного напряжения акселерометров при напряжении питания $34_{-0,1}$ В и $23^{+0,1}$ В в 1-й и 9-й точках ГХ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы Б.4.

Результаты определения ГХ при напряжении питания акселерометра $(27 \pm 0,1)$ В занести в таблицу, выполненную по форме таблицы Б.5.



G1 - источник питания постоянного тока Б5-49
 PV1, PV2 - вольтметр универсальный В7-16А

Рисунок 2 - Схема для контроля характеристик акселерометра на центрифуге

6.4.14 Обработать результаты испытаний, занесенные в таблицы Б.4, Б.5 по формулам (1) – (15) таблицы А.1.

Результаты испытаний считать положительными, если:

- значения K_0 соответствуют требованиям таблицы 4;
- погрешность аппроксимации σ_a не превышает 0,5 % для акселерометров с ЧДИ 0 – 200 Гц, 0 – 256 Гц и 0,2 % для остальных диапазонов измерений.

6.5 Определение коэффициента преобразования, основной приведенной погрешности и среднего квадратического отклонения нелинейности градуировочной характеристики (погрешности аппроксимации) акселерометров с диапазонами измерений 0+400, 0+800, 0+1200 м/с².

6.5.1 Установить акселерометр на установочную плоскость YOZ на платформе градуировочной центрифуги ТЕМП 2 с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.308 осью X стрелкой к центру вращения.

6.5.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

6.5.3 Установить выходное напряжение источника G1 равным 34_{0,1} В.

6.5.4 Включить центрифугу и создать ускорение, равное диапазону измерений акселерометра.

6.5.5 Измерить при напряжении питания 34_{0,1}В выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=1, i=1, j=9$).

6.5.6 Установить выходное напряжение источника G1 равным 23^{+0,1} В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=2, i=1, j=9$).

6.5.7 Установить выходное напряжение источника G1 равным (27±0,1) В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^B при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 100; 87,5; 75; 62,5; 50; 37,5; 25; 12,5; 0 % от диапазона измерений акселерометра ($i=1, j=9, \dots, 1$).

Провести измерение выходного напряжения акселерометра, выполняя операции по пунктам 6.5.5, 6.5.6 ($u=1; 2, i=1, j=1$).

6.5.8 Установить выходное напряжение источника G1 равным (27±0,1) В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 0; 12,5; 25; 37,5; 50; 62,5; 75; 87,5; 100 % от диапазона измерений акселерометра ($i=2, j=1, \dots, 9$).

6.5.9 Установить выходное напряжение источника G1 равным 34_{.01} В. Провести измерение выходного напряжения акселерометра, выполняя операции по пунктам 6.5.5, 6.5.6 ($u=1; 2, i=2, j=9$).

6.5.10 Установить выходное напряжение источника G1 равным 34_{.01} В. Выполнить операции по пунктам 6.5.4 – 6.5.9 еще 1 раз ($i=3, 4$).

Результаты всех измерений занести в таблицы, выполненные по форме таблицы Б.4, таблицы Б.5.

6.5.11 Определить коэффициент преобразования K_0 , погрешность аппроксимации ГХ σ_a , основную приведенную погрешность γ_0 по формулам (1) – (15) таблицы А.1.

Результаты испытаний считать положительными, если:

- значения K_0 соответствуют требованиям таблицы 4;
- погрешность аппроксимации σ_a не превышает 0,5 % для акселерометров с ЧДИ 0 – 200 Гц, 0 – 256 Гц и 0,2 % для остальных диапазонов измерений.

6.6 Контроль основной приведенной погрешности

6.6.1 Определить значение основной приведенной погрешности γ_0 , по формулам (1) – (10) таблицы А.1.

Значение основной приведенной погрешности γ_0 должно находиться в пределах $\pm 0,5$ %.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформить в соответствии с ПР 50.2.006.

Приложение А

А.1 – Таблица оперативной информации к обработке результатов градуирования

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
1 Степень полинома	$l = 1, 2, 3$
2 Нормирующее значение выходного сигнала	$N = 6$
3 Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность	$K = 2$
4 Суммарная дисперсия, обусловленная средствами градуировки	<p>для диапазонов измерений от $\pm 5,6$ до ± 1200 м/с² в В²</p> $\sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 0,56 \cdot 10^{-6} \quad (1)$
5 Указания по определению основной приведенной погрешности	<p>Подсчитать значение основной погрешности акселерометра</p> $\gamma_0 = \pm \frac{2}{N} \sqrt{D_u + D_n + \sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho}} \cdot 100 \quad (2)$
	<p>Рассчитать значение дисперсии невоспроизводимости градуировочной характеристики, В²</p> $D_n = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 \frac{\sum_{i=1}^2 (U_{ij}^M - U_j^M)^2 + \sum_{i=1}^2 (U_{ij}^B - U_j^B)^2}{3} \quad (3)$
	<p>где U_j^M - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны меньших значений, В</p>
	$U_j^M = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^M}{2} \quad (4)$
	<p>где U_j^B - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны больших значений, В</p>
	$U_j^B = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^B}{2} \quad (5)$

Продолжение таблицы А.1

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	<p>Рассчитать среднюю градуировочную характеристику преобразования, В</p> $U_j = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^M + \sum_{i=1}^2 U_{ij}^B}{4} \quad (6)$
6 Определение значения дисперсии от изменения напряжения питания	<p>Рассчитать значение дисперсии, В²</p> $D_u = \frac{\sum_{i=1, j=1,9}^{i=4} (U_{ij} - U_{2ij})^2}{8} \quad (7)$
7 Указания по определению других характеристик	<p>1. Рассчитать значение смещения нуля b_0 для диапазонов измерений -10+50 и от ± 22 до ± 1400 м/с², В</p> $b_0 = \frac{\sum_{i=1}^4 U_{is}}{4} \quad (8)$ <p>Значение b_0 для диапазонов измерений $\pm 5,6; \pm 11$ м/с², В</p> $b_0 = U_5 \quad (9)$
	<p>Расчет коэффициента преобразования проводить по программе расчета метрологических характеристик акселерометра АЛЕ 049 в соответствии с ОСТ 92-4279.</p>
	<p>Индивидуальную функцию преобразования представить в виде полинома</p> $y = f(x) = \sum_{k=0}^l a_k x^k \quad (10)$
	<p>Коэффициенты a_k индивидуальной функции преобразования определять по формуле:</p> $A = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (11)$
	<p>где</p> $A = \ a_k\ = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_l \end{pmatrix}; \quad X = \ x_{jk}\ = \begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & \dots & x_{1l} \\ x_{20} & x_{21} & \dots & x_{2l} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m0} & x_{m1} & \dots & x_{ml} \end{pmatrix}; \quad Y = \ y_j\ = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix}$

Продолжение таблицы А.1

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
<p>10 Нормирующее значение выходного сигнала</p> <p>11 Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность оценки случайной составляющей погрешности</p> <p>12 Предельное значение дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды</p>	<p>Записать значения коэффициентов, соответствующих полиному, где СКО нелинейности соответствует условию $0,1 > \text{ГАММА А} \geq \text{ГАММА А}$ при $l=3$.</p> <p>СКО нелинейности ГХ определить по формуле:</p> $\gamma_a = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \left(y_j - \sum_{k=0}^l a_k x_j^k \right)^2}{N^2(m-l-1)}} \cdot 100 \quad (12)$ <p>Для акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6; \pm 11 \text{ м/с}^2$ $x_j = 9,81294 \sin \alpha_j$ Значение измеряемого ускорения X_j для диапазонов измерений от $-10+50, \pm 22$ до $\pm 1400 \text{ м/с}^2$ определить по формулам</p> $x_{j(1-4)} = x_y (1 - \xi) \quad (13)$ $x_{j(6-9)} = x_y (1 + \xi) \quad (14)$ <p>где X_u – значение ускорения, воспроизводимого ТЕМП-2</p> $\xi = \frac{1}{4} \left[\frac{U_9 + U_1 - 2U_5}{U_9 - U_1} + \frac{U_8 + U_2 - 2U_5}{U_8 - U_2} + \right. \\ \left. + \frac{U_7 + U_3 - 2U_5}{U_7 - U_3} + \frac{U_6 + U_4 - 2U_5}{U_6 - U_4} \right] \quad (15)$ <p style="text-align: center;">$N = 6$</p> <p style="text-align: center;">$K = 2$</p> <p>Рассчитать значение дополнительной приведенной погрешности $\gamma(t)$, %, по формуле</p> $\gamma(t) = \frac{2}{N} \sqrt{[D(t, x)]_{\max}} \cdot 100 \quad (16)$ <p>где $[D(t, x)]_{\max}$ - максимальное значение дисперсии $D(t, x)_u$, в В^2, равной</p> $D(t, x)_u = \frac{\sum_{i=1}^4 (U_{t_{ij}} - U_{t_{ij}})^2}{3}, \quad (17)$ <p>где $U_{t_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^4 U_{t_{ij}}}{4}, \text{ В}$</p>

Приложение Б

Формы таблиц для регистрации результатов поверки

Таблица Б.1 – Результаты температурных испытаний акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до ± 1400 м/с²

Порядковый номер значенной температуры, u	Измеряемое ускорение, X_j	Значение температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	Выходное напряжение $U_{tu ij}$, В			
			U_{tu1j}	U_{tu2j}	U_{tu3j}	U_{tu4j}
1	$-\sin\alpha$	-50				
	$+\sin\alpha$	-50				
2	$-\sin\alpha$	+50				
	$+\sin\alpha$	+50				
3	$-\sin\alpha$	+20				
	$+\sin\alpha$	+20				

Таблица Б.2 – Результаты определения начального уровня акселерометров с диапазонами измерений -10+50, от ± 22 до ± 1400 м/с²

Выходное напряжение, U_{iB} , В			
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$

Таблица Б.3 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до ± 11 м/с² при температуре 20°C

Порядковый номер точки градуировки, j	Измеряемое ускорение, X_j	Выходное напряжение U_j^M и U_j^B , В	
		U_j^M	U_j^B
1	$-\sin\alpha$		
2	$-\sin\alpha_1$		
3	$-\sin\alpha_2$		
4	$-\sin\alpha_3$		
5	$\sin\alpha_4$		
6	$\sin\alpha_3$		
7	$\sin\alpha_2$		
8	$\sin\alpha_1$		
9	$\sin\alpha$		

Таблица Б.4 – Результаты испытаний по определению влияния изменения напряжения питания акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до ± 1200 м/с²

Измеряемое ускорение, X_j	Выходное напряжение U_{out} , В							
	i=1		i=2		i=3		i=4	
	34	23	34	23	34	23	34	23
	U_{11j}	U_{21j}	U_{12j}	U_{22j}	U_{13j}	U_{23j}	U_{14j}	U_{24j}
X_1								
X_9								

Таблица Б.5 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений $-10+50$; от ± 22 до ± 1200 м/с²

Порядковый номер точки градуировки, j	Задаваемое ускорение, $X_{\text{ц}}$, м/с ²	Выходное напряжение U_{ij}^M и U_{ij}^B , В			
		i=1		i=2	
		U_{ij}^M	U_{ij}^B	U_{ij}^M	U_{ij}^B
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					