

УТВЕРЖДАЮ

АО «НИИФИ»

Руководитель ЦИ СИ



М.Е. Горшенин

27 » 07 2015 г.

Акселерометр низкочастотный линейный

АЛЕ 050

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

СДАИ.402139.024 МП

л.р. 23733-15

Вводная часть

Настоящая методика по поверке распространяется на акселерометр низкочастотный линейный АЛЕ 050 (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 Контроль СХП и коэффициента преобразования акселерометров с диапазоном измерений от ± 22 до $\pm 100 \text{ м/с}^2$	6.2	да	да
3 Контроль статической характеристики преобразования (СХП) для акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 22 \text{ м/с}^2$ и коэффициента преобразования акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 22, -11+22 \text{ м/с}^2$	6.3	да	да
4 Контроль СХП акселерометров с диапазонами измерений $-11+22$ и $-20+40 \text{ м/с}^2$ и коэффициента преобразования акселерометров с диапазоном измерений $-20+40 \text{ м/с}^2$	6.4	да	да
5 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Контроль случайной составляющей дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды γ_t	6.5	да	да
6 Контроль основной погрешности γ_0 , нелинейности ГХ σ_a и значения приведенной погрешности от изменения напряжения питания акселерометров $\gamma(U)$	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 Б5-49	Диапазон 0,1 – 99,9 В, 0,001 – 0,999 А погрешность $\pm(0,5\%U_{уст} + 0,1\%U_{max})$ В, $\pm(1,0\%I_{уст} + 0,2\%I_{max})$ мА
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 Генератор сигналов специальной формы Г6-27	Диапазон 0,001 Гц – 1 МГц, погрешность $\pm (2 - 3)\%$
7 Осциллограф универсальный двухканальный С1-82	Диапазон 6 мВ – 40 В; 6 мВ – 20 В, 6 мВ – 300 В; 6мВ – 150 В, 0,1 мкс – 1с, погрешность $\pm 3\%$
8 Мультиметр Agilent 34401А	диапазон (0 – 1000) В, погрешность $\pm(0,0035 - 0,005)\%$

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 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 для акселерометров с диапазонами измерений до ± 11 м/с² включительно; от 15 до 30 °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.);
- напряжение питания $\pm(12\pm 0,6)$ В.

Примечание – При температуре воздуха выше 30 °С относительная влажность воздуха 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

6.1.1 Контроль внешнего вида и маркировки акселерометра проводить визуальным осмотром. При проверке внешнего вида руководствоваться следующими требованиями:

- внешний вид акселерометра должен соответствовать требованиям чертежей.
- не допускается на поверхности акселерометра рваные края, сколы, трещины, вмятины, следы коррозии, раковины, отслоения покрытия и другие дефекты за исключением отдельных царапин и вмятин (точек), которые ухудшают шероховатость поверхности более чем на один диапазон числовых значений параметров, указанных в конструкторской документации. Наружная поверхность трубки кабельной перемычки должна соответствовать требованиям раздела 1 ТУ3491-005-00214639.

На корпусе каждого датчика должно быть отчетливо выгравировано:

- индекс акселерометра;
- наибольшее и наименьшее значение диапазона измерений;
- наибольшее значение частоты ЧДИ для исполнений -07... -12, -15, -16;
- наименьшее и наибольшее значение частоты ЧДИ для исполнений -00... -06, -13, -14;
- заводской номер;
- направление осей системы координат, связанной с установочной плоскостью, из которых ось X является измерительной;
-  - знак защиты от статического электричества.

6.2 Контроль СХП и коэффициента преобразования акселерометров с диапазоном измерений от ± 22 до ± 100 м/с²

6.2.1 Установить акселерометр на установочную плоскость YOZ на платформе градуировочного комплекса ТЕМП-2 (ТЕМП-2) с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.308 осью X стрелкой "↑" от центра вращения, что соответствует заданию отрицательных ускорений.

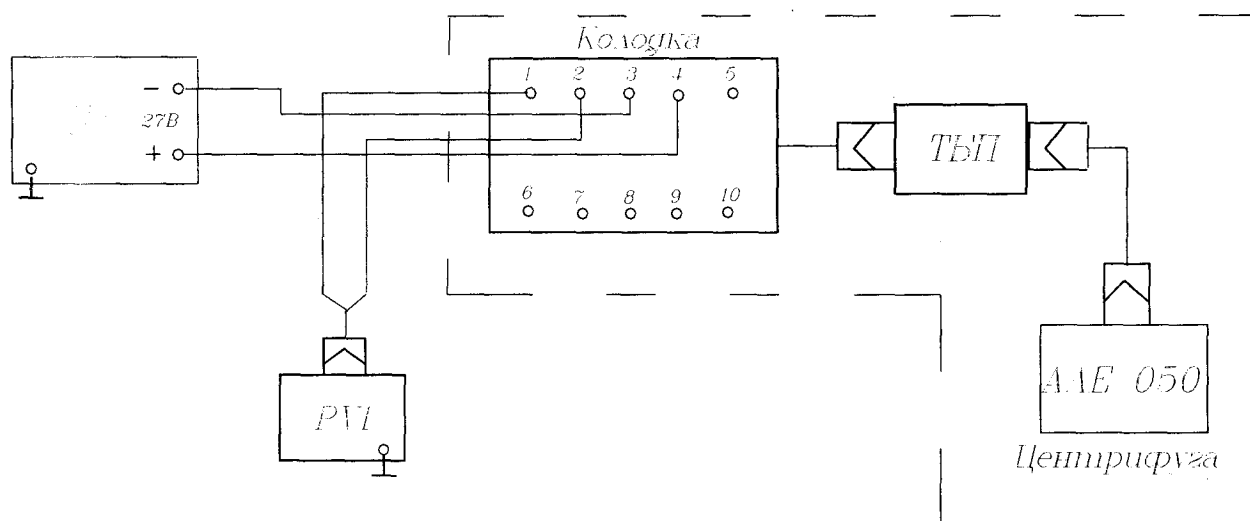
6.2.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm 12,6_{-0,1}$ В.

6.2.3 Включить ТЕМП-2 и создать ускорение, равное диапазону измерений акселерометра.

6.2.4 Измерить при напряжении питания $(12,6_{-0,1})$ В выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=1, i=1, j=1$).

6.2.5 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm 11,4^{+0,1}$ В. Измерить при напряжении питания $11,4^{+0,1}$ В выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=2, i=1, j=1$).

6.2.6 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm (12,0 \pm 0,1)$ В.



G1 – источник питания постоянного тока Б5-49;
 PV1 – вольтметр универсальный В7-16А;
 ТБП – технологический блок питания.

Рисунок 1 – Схема для контроля характеристик акселерометра на ТЕМП-2

6.2.7 Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях ускорения, задаваемого ТЕМП-2, равных 100, 75, 50, 25, 0 % от диапазона измерений ($i=1, j=1, \dots, 5$).

6.2.8 Повернуть приспособление МКНИ.441558.308 на 180 градусов, что соответствует заданию положительных ускорений. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях ускорения, задаваемого ТЕМП-2, равных 25, 50, 75, 100 % от диапазона измерений ($i=1, j=6, \dots, 9$).

6.2.9 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm 12,6_{-0,1}$ В. Выполнить операции по пп. 6.2.4-6.2.6 ($u=1;2, i=1, j=9$).

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

6.2.10 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(12,0 \pm 0,1)$ В. Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра при значениях ускорения, равных 100, 75, 50, 25, 0 % U_{ij}^B от диапазона измерений ($i=1, j=9, \dots, 5$).

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

6.2.12 Провести измерения, выполняя операции пп. 6.2.4, 6.2.5 ($u=1;2, i=2, j=1$).

6.2.13 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm 12,6_{-0,1}$ В. Выполнить операции по пп. 6.2.3 – 6.2.12 еще один раз ($i=3, 4$).

Результаты определения ГХ при напряжении питания акселерометра $\pm(12,0 \pm 0,1)$ В занести в таблицу выполненную по форме таблицы А.3.

Результаты измерений выходного напряжения акселерометров при напряжении питания 12,6_{0,1} В и 11,4^{+0,1} В в 1-й и 9-й точках ГХ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3.

6.2.14 Обработать результаты испытаний, занесенные в таблицы А.3, по формулам (2) – (5), (7) – (13) приложения Б.

Результаты испытаний считать положительными, если значение K_0 соответствуют требованиям таблицы 3, значение составляющей основной погрешности в интервале изменения питающего напряжения от 11,4 до 12,6 В γ_u не превышает 0,1 %.

Таблица 3

Диапазон измерений	Значение коэффициента преобразования, В·с ² /м	Значение начального уровня, В
$\pm 5,6 \text{ м/с}^2$	от 0,401778 до 0,491062	$3,0 \pm 0,3$
$\pm 11 \text{ м/с}^2$	от 0,204543 до 0,249997	$3,0 \pm 0,3$
$\pm 22 \text{ м/с}^2$	от 0,102276 до 0,125004	$3,0 \pm 0,3$
$\pm 30 \text{ м/с}^2$	от 0,088200 до 0,107800	$0 \pm 0,3$
$\pm 45 \text{ м/с}^2$	от 0,049995 до 0,061105	$3,0 \pm 0,3$
$\pm 90 \text{ м/с}^2$	от 0,024993 до 0,030547	$3,0 \pm 0,3$
$\pm 100 \text{ м/с}^2$	от 0,022500 до 0,027500	$3,0 \pm 0,3$
$-11+22 \text{ м/с}^2$	от 0,136323 до 0,166617	$2,0 \pm 0,3$
$-20+40 \text{ м/с}^2$	от 0,074997 до 0,091663	$2,0 \pm 0,3$

6.3 Контроль статической характеристики преобразования (СХП) для акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 22 \text{ м/с}^2$ и коэффициента преобразования акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 5,6$ до ± 22 , $-11+22 \text{ м/с}^2$

6.3.1 Установить приспособление МКНИ.441558.267-01 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.

6.3.2 Закрепить акселерометр за установочную плоскость на приспособлении так, чтобы при горизонтальном положении приспособления измерительная ось X была направлена стрелкой вверх. Повернуть шпиндель оптической делительной головки на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГЭ должны быть нулевыми.

6.3.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 2. Установить с помощью вольтметра PV1 напряжение источников G1, G2 равными $\pm(12,0 \pm 0,1) \text{ В}$.

Подключить вольтметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 2 мин.

6.3.4 Выключить питание акселерометра. Установить в камере температуру, равную $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч во включенном состоянии. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{01} .

6.3.5 Выключить питание акселерометра. Установить в камере температуру, равную $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч во включенном состоянии. Установить переключатель ДИАПАЗОН пульта П 060 в положение 2. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{01} .

6.3.6 Повернуть шпиндель головки на угол 180 градусов и измерить выходные напряжения U_{02} . Определить U_0 , в В, по формуле

$$U_0 = \frac{U_{01} + U_{02}}{2}$$

6.3.7 Поворачивая шпиндель головки в ту или другую сторону, найти такое положение, чтобы показания вольтметра соответствовали значению U_0 , определенному в пункте 6.3.6. Зафиксировать угол α_0 .

6.3.8 Поворачивая шпиндель головки на угол минус $(\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \alpha_4$, плюс $(\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1)$ относительно α_0 , измерить выходные напряжения $U_j^M (j = 1, \dots, 9)$, соответствующие 1, ..., 9 точкам прямого хода после того, как показания вольтметра установятся.

6.3.9 Поворачивая шпиндель головки от угла плюс α до угла минус α , измерить выходные напряжения $U_9^B, \dots, U_1^B (j = 9, \dots, 1)$, соответствующие 9, ..., 1 точкам обратного хода ГХ.

Результаты испытаний, коэффициент усиления выходного каскада минус $K_{y \text{ финч}}$ и значение температуры в камере (t_0) занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3. Величину $K_{y \text{ финч}}$ взять из технологического паспорта на акселерометр.

6.3.10 Обработать результаты испытаний по пп. 6.3.8, 6.3.9, умноженные на коэффициент минус $K_{y \text{ финч}}$, пользуясь таблицей оперативной информации по формулам (6) и (13) приложения Б.

Для акселерометров с диапазоном измерений $\pm 22 \text{ м/с}^2$ определить среднюю ГХ по мето-

дикам п. 6.3. Для акселерометров с диапазоном измерений $-11+22 \text{ м/с}^2$ определить среднюю ГХ по п. 6.4.

6.3.11 Для определения коэффициента преобразования K_0 установить акселерометр вместе с эталонным датчиком АЛЕ 037 на столе вибростенда Bruel & Kjaer установленном в горизонт, так, чтобы измерительные оси акселерометров были направлены вертикально. Повернуть крепежную плоскость стола на 90° с точностью не хуже $\pm 1'$. Собрать схему в соответствии с рисунком 3 без генератора G3. Установить с помощью вольтметра PV1 напряжение источников G1, G2 равным $(12,0 \pm 0,1) \text{ В}$.

6.3.12 Подключить мультиметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ.ТОЧКА пульта П 060. Подготовить его к работе в режиме измерения эффективного значения напряжения на низких частотах следующим образом:

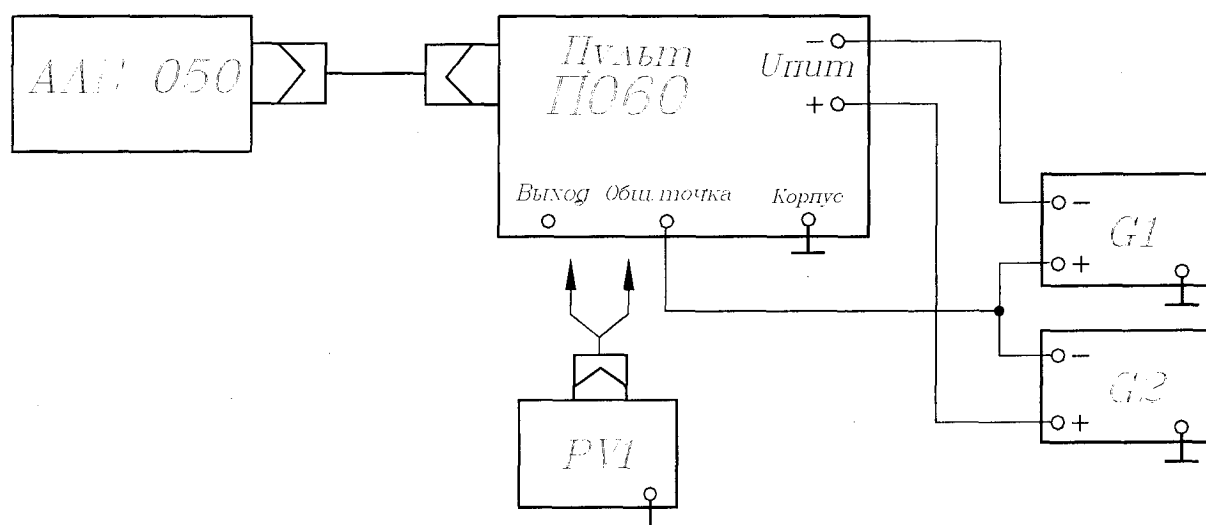
- нажать поочередно однократно кнопки «AC», «SHIFT» и «Recall» на лицевой панели мультиметра, при этом на табло должна высветиться надпись «A: MEAS MENU»;
- нажать кнопку « $\vee$ » (вниз), после чего на экране высветится надпись «AC FILTER»;
- нажать кнопку « $\vee$ » (вниз), при этом на экране мультиметра должно высветиться текущее состояние встроенного фильтра мультиметра. Затем нажатием кнопки « $\leftarrow$ » добиться, чтобы на электронном табло появилась надпись «3 HZ: SLOW», затем нажать кнопку «Enter», после чего на экране должна высветиться надпись «CHANGES SAVED».

6.3.13 Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 2 мин. Проконтролировать пять показаний мультиметра PV1. Нажать кнопку «Null» на его панели, если хотя бы одно из показаний превышает 10 мВ. Дождаться появления следующего показания мультиметра. Воспроизвести вибростендом ускорение амплитудой $(5,6 \pm 0,2) \text{ м/с}^2$ на частоте 8 Гц для ЧДИ (0,1-8) Гц и на частоте 16 Гц для ЧДИ (0,1-16), (0,1-32), (0,1-50) Гц, контролируя его эталонным акселерометром с учетом его коэффициента преобразования, занесенного в свидетельство о поверке. Зафиксировать эффективное значение выходное напряжение X_k эталонного акселерометра. Измерить выходное напряжение акселерометра АЛЕ 050 U_k .

6.3.14 Занести измеренные значения и значение коэффициента преобразования эталонного акселерометра в таблицу, выполненную по форме таблицы А.7.

Рассчитать значение коэффициента преобразования K_0 по формуле (7) приложения Б.

Значение коэффициента преобразования должно соответствовать требованиям таблицы 3.



G1, G2 – источник питания постоянного тока Б5-49;

PV1 – вольтметр универсальный В7-16А.

Рисунок 2 – Схема для контроля характеристик акселерометра

6.4 Контроль СХП акселерометров с диапазонами измерений -11+22 и -20+40 м/с² и коэффициента преобразования акселерометров с диапазоном измерений -20+40 м/с²

6.4.1 Установить акселерометр на установочную плоскость на платформе градуировочной центрифуги ТЕМП-2 с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.355 стрелкой «↑» к центру вращения, что соответствует заданию положительных ускорений.

6.4.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 равным $(27,0 \pm 0,1)$ В.

6.4.3 Включить центрифугу и создать ускорение 22 м/с² для акселерометров с диапазоном измерений -11+22 м/с² и 40 м/с² для акселерометров с диапазоном измерений -20+40 м/с².

6.4.7 Измерить выходное напряжение акселерометра U_j^M при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 22, 15, 11, 8, 5, 0 м/с² ($j = 9, \dots, 4$) для диапазона измерений -11+22 и 40, 30, 20, 10, 5, 0 м/с² для диапазона измерений -20+40 м/с². Для акселерометра с диапазоном измерений -11+22 м/с² выходное напряжение измерить на клемме 5 колодки.

6.4.8 Повернуть приспособление МКНИ.441558.123 на 180 градусов, что соответствует заданию отрицательных ускорений. Измерить выходное напряжение акселерометра U_j^M при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 5, 8, 11 м/с² ($j = 3, \dots, 1$) для диапазона измерений -11+22 и 5, 10, 20 м/с² для диапазона измерений -20+40 м/с².

6.4.9 Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра при значениях ускорений, равных 11, 8, 5 м/с², U_j^B ($j = 1, \dots, 3$) для -11+22 м/с² и 20, 10, 5 м/с² – для диапазона -20+40 м/с².

6.4.11 Повернуть акселерометр на 180 градусов и измерить его выходное напряжение U_j^B при значениях ускорений 0, 5, 8, 11, 15, 22 м/с² ($j = 4, \dots, 9$) для -11+22 м/с² и 0, 5, 10, 20, 30, 40 м/с² для диапазона -20+40 м/с².

Результаты определения ГХ, для диапазона измерений -11+22 м/с² коэффициент усиления выходного каскада (минус $K_{y \text{ фин}}$) и температуру окружающей среды при снятии ГХ (t_0) занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3.

6.4.14 Обработать результаты испытаний, занесенные в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3 (для диапазона измерений -11+22 м/с², умноженные на коэффициент минус $K_{y \text{ фин}}$) по формулам (3), (Б.8) – (Б.13) приложения Б. Определить коэффициент преобразования K_0 .

Результаты испытаний считать положительными, если значение коэффициента преобразования K_0 соответствует требованиям таблицы 3.

6.5 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Контроль случайной составляющей дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды γ_t

6.5.1 Установить приспособление МКНИ.441558.267-01 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.

6.5.2 Закрепить акселерометр за установочную плоскость на приспособлении так, чтобы при горизонтальном положении приспособления измерительная ось X была направлена стрелкой вверх. Повернуть шпиндель оптической делительной головки на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГЭ должны быть нулевыми.

6.5.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 2. Установить с помощью вольтметра PV1 напряжение источников G1, G2 равными $\pm(12,0 \pm 0,1)$ В.

Подключить вольтметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 2 мин.

6.5.4 Измерить выходное напряжение акселерометра. Значение начального уровня выходного напряжения не должно выходить за пределы $(2,0 \pm 0,3)$ В для диапазонов измерений -11+22 м/с² и $(3,0 \pm 0,3)$ В для остальных диапазонов измерений.

6.5.5 Выключить питание акселерометра. Установить в камере температуру, равную минус 50 °С ($u=1$) и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч в выключенном состоянии.

6.5.6 Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 1 ч.

6.5.7 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол α (значение угла α должно соответствовать требованиям таблицы 3) по часовой или против часовой стрелки так, чтобы выходное напряжение акселерометра уменьшилось относительно напряжения, измеренного в п. 6.5.4.

Считать этот угол отрицательным. Измерить выходное напряжение акселерометра $U_{\text{тв}i1}$.

6.5.8 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол плюс α относительно положения по п. 6.5.2 и измерить выходное напряжение акселерометра $U_{\text{тв}i9}$.

Таблица 3 – Значение углов наклона измерительной оси к горизонтالي при определении диапазонов изменения выходного напряжения и снятия ГХ акселерометров

Диапазон измерений, м/с ²	Углы наклона измерительной оси при снятии ГХ ⁰		Синус угла	Косинус угла
$\pm 5,6$	35^0	α	0,57358	0,81915
	27^0	α_1	0,45399	0,89101
	18^0	α_2	0,30901	0,95106
	9^0	α_3	0,15643	0,98769
	0^0	α_4	0	1,00000
± 11	90^0	α	1,00000	0
	45^0	α_1	0,70711	0,70711
	30^0	α_2	0,50000	0,86603
	15^0	α_3	0,25882	0,96593
	0^0	α_4	0	1,00000
-11+22, -20+40, ± 22 , ± 30 , ± 45 , ± 90 , ± 100	90^0	α	1,00000	0
	0^0	α_4	0	1,00000

6.5.9 Снять ГХ в первой и девятой точках акселерометра по пп. 6.5.7, 6.5.8 еще 3 раза.

Примечание – Условное обозначение выходных напряжений $U_{\text{тв}ij}$ 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.

6.5.10 Установить в камере температуру плюс 20^0C ($u = 3$) и выдержать в ней акселерометр в выключенном состоянии в течение 1 ч.

6.5.11 Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии 1 ч. Установить переключатель ДИАПАЗОН пульта в положение 1. Повторить операции пп. 6.5.7-6.5.9.

6.5.14 Повернуть шпиндель делительной головки так, чтобы на лимбах были нулевые показания. Измерить выходное напряжение U_{0i} ($i = 1$). Повернуть шпиндель на 180 градусов и вновь измерить выходное напряжение U_{0i} ($i = 2$). Результаты измерений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.6.

Повернуть шпиндель назад на 180 градусов и повторить измерения по данному пункту U_{0i} ($i = 3, i = 4$).

6.5.15 Установить в камере температуру плюс 50^0C ($u = 2$) и выдержать в ней акселерометр в выключенном состоянии в течение 1 ч.

6.5.16 Повторить операции пп. 6.5.7 – 6.5.9. Выключить питание акселерометра.

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

Обработать результаты измерений по формулам (6), (14), (15) приложения Б.

Результаты испытаний считать положительными, если значение случайной составляющей дополнительной приведенной погрешности от изменения температуры окружающей среды γ_t не превышает $0,3\%$, значение начального уровня выходного напряжения соответствует требованиям таблицы 3.

6.6 Контроль основной погрешности γ_0 , нелинейности ГХ σ_a и значения приведенной погрешности от изменения напряжения питания акселерометров $\gamma_{(U)}$

6.6.1 Установить акселерометр на рабочем столе. Точность установки не регламентируется.

6.6.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 3.

6.6.3 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $(12,0 \pm 0,1)$ В.

6.6.4 Подключить генератор G3 к клеммам КАЛИБРОВКА и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060.

Установить переключатели генератора G3 в следующие положения: для акселерометров с граничной частотой ЧДИ 32 Гц и выше МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – «10», H_Z – «2», для акселерометров с граничной частотой ЧДИ ниже 32 Гц МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – «1», H_Z – «5» при этом использовать вольтметр универсальный типа В7-78/1.

6.6.5 Включить питание акселерометра и прогреть его в течение 2 мин.

6.6.6 Установить вольтметр PV1 в режим измерения переменного тока. Отрегулировать выходное напряжение генератора так, чтобы выходное напряжение акселерометра, измеренное PV1, находилось в интервале от 1,5 до 2,0 В. Выходной сигнал акселерометра контролировать осциллографом P1. Форма сигнала должна быть синусоидальной, без искажений.

6.6.7 Подключить вольтметр PV1 к клеммам КАЛИБРОВКА и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060. Измерить значение выходного напряжения генератора G3.

6.6.8 Измерить вольтметром PV1 выходное напряжение акселерометра U_{ij}^B при значениях выходного напряжения генератора равных 100; 87,5; 75; 62,5; 50; 37,5; 25; 12,5 % от значения, измеренного по п. 6.6.7. Измерить выходное напряжение акселерометра при выходном напряжении генератора 100 и 12,5 % и напряжении питания $(11,4^{+0,1})$ и $(12,6_{-0,1})$ В.

6.6.9 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(12,0 \pm 0,1)$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях выходного напряжения генератора равных 12,5; 25; 37,5; 50; 62,5; 75; 87,5; 100 % от значения, измеренного по п. 6.6.7. Измерить выходное напряжение акселерометра при выходном напряжении генератора 12,5 и 100 % и напряжении питания $(11,4^{+0,1})$ и $(12,6_{-0,1})$ В.

Результаты определения характеристики преобразования и зависимости выходного напряжения акселерометра от изменения напряжения питания занести в таблицы, выполненные по форме таблиц А.4, А.5.

6.6.10 Определить среднее квадратическое отклонение погрешности аппроксимации σ_a в % и значение основной погрешности γ_0 в % по ОСТ 92-4279-80.

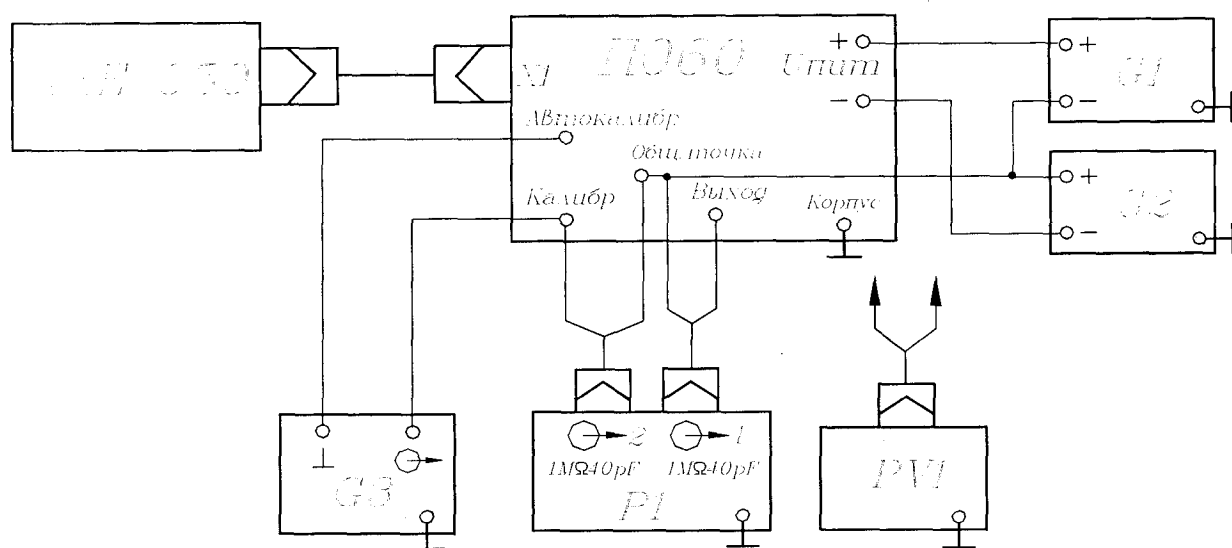
Определить значение приведенной погрешности от изменения напряжения питания в интервале от 11,4 до 12,6 В γ_u по формулам (3), (4) приложения Б.

Результаты испытаний считать положительными, если значение σ_a не превышает 0,5 %, значение γ_0 не превышает 0,5%, а значение γ_u не превышает 0,1 %.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформить в соответствии с ПР 50.2.006-94.

7.2 Поверительные клейма наносят в соответствии с ПР 50.2.007-94.



- G1, G2 – источник питания постоянного тока Б5-49;
 G3 – генератор сигналов специальной формы Г6-27;
 PV1 – мультиметр Agilent 34401A;
 P1 – осциллограф универсальный двухканальный С1-82.

Рисунок 3 – Схема для определения нелинейности ГХ акселерометра

Приложение А
Формы таблиц для регистрации результатов поверки

Таблица А.1 - Результаты температурных испытаний акселерометров с диапазонами измерений свыше $\pm 22 \text{ м/с}^2$

Порядковый номер значений температуры, u	Измеряемое ускорение, X_j	Значение температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	Выходное напряжение $U_{tu ij}$, В				$R_{из.}, \text{МОм}$
			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 А.1а - Результаты температурных испытаний акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 22, -11+22 \text{ м/с}^2$

Порядковый номер значений температуры, u	Значение температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	Выходное напряжение U_{tui} , В				$R_{из.}, \text{МОм}$
		U_{tu1}	U_{tu2}	U_{tu3}	U_{tu4}	
1	-50					
2	+50					
3	+20					

Таблица А.2 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$

Порядковый номер точки градуировки, j	Измеряемое ускорение, X_j	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	$-\sin \alpha$				
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 А.3 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений от ± 22 до ± 100 , $-11+22$, $-20+40$ м/с²

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

Таблица А.4– Результаты определения характеристики преобразования акселерометров

Порядковый номер измерения, j	Значение выходного напряжения генератора, U_r , %	Значение выходного напряжения генератора, U_r , В	Выходное напряжение U_j^B, U_j^M , В	
			U_j^M	U_j^B
1	12,5			
2	25,0			
3	37,5			
4	50,0			
5	62,5			
6	75,0			
7	87,5			
8	100,0			

Таблица А.5 - Результаты испытаний определению влияния изменения напряжения питания

Измеряемое ускорение, X_j	Выходное напряжение $U_{иij}$, В			
	i = 1		i = 2	
	12,6	11,4	12,6	11,4
	U_{11j}	U_{21j}	U_{12j}	U_{22j}
$X_{min} (j=1)$				
$X_{max} (j=8)$				

Таблица А.6 - Результаты определения начального уровня выходного напряжения акселерометров

Выходное напряжение, U_{0i} , В			
i = 1	i = 2	i = 3	i = 4

Таблица А.7 – Результаты определения коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до ± 22 , $-11+20$ м/с²

Коэффициент преобразования эталонного акселерометра, K_{03} , м/с ²	X_k , В	U_k , В

Приложение Б

Таблица 11 - Оперативная информация к обработке результатов градуирования

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
1 Степень полинома	$l = 1$
2 Нормирующее значение выходного сигнала	$N = 6$
3 Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность	$K = 2$
4 Суммарная дисперсия, обусловленная средствами градуировки	для диапазона измерений $\pm 11 \text{ м/с}^2$ в B^2 $\sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho} = 2,88 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 2 \cdot 10^{-7} \quad (1)$ для диапазона измерений $-11+22 \text{ м/с}^2$ в B^2 $\sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 0,56 \cdot 10^{-6} \quad (2)$
5 Указания по определению основной погрешности	Рассчитать по формуле (8) ОСТ 92-4279-80 значение основной погрешности акселерометра, % Рассчитать по формуле (10) ОСТ 92-4279-80 среднее квадратическое значение погрешности от нелинейности статической градуировочной характеристики, %
5.1 Определение значения дисперсии от изменения напряжения питания	Рассчитать значение дисперсии D_u, B^2 $D_u = \frac{1}{3} \left\{ \sum_{i=1}^2 \left[\frac{\sum_{j=1}^2 U_{1i1} - U_{2i1} }{2} - U_{1i1} - U_{1i1} \right]^2 + \sum_{i=1}^2 \left[\frac{\sum_{j=1}^2 U_{1i9} - U_{2i9} }{2} - U_{1i9} - U_{2i9} \right]^2 \right\} \quad (3)$ Рассчитать значение приведенной погрешности в интервале изменения питающего напряжения от $\pm 11,4$ до $\pm 12,6 \text{ В}$, % $\gamma_u = \frac{1}{N} \sqrt{D_u} \cdot 100 \quad (4)$
6 Указания по определению других характеристик	Рассчитать среднюю градуировочную характеристику, В $U_j = \frac{U_j^M + U_j^B}{2} \quad (5)$ Рассчитать значение смещения нуля b_0, в В по формуле $b_0 = \frac{\sum_{i=1}^4 U_{i0}}{4} \quad (6)$ Рассчитать значение коэффициента преобразования K_0 $K_0 = \frac{U_K \cdot K_{03}}{X_K} \quad (7)$ где K_{03} – значение коэффициента преобразования эталонного акселерометра, занесенное в его свидетельство о поверке, $\text{В} \cdot \text{с}^2/\text{м}$; X_K – эффективное значение выходного эталонного акселерометра, В. U_K – выходное напряжение акселерометра АЛЕ 050

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	Рассчитать значение b_u, рассчитать значение коэффициента преобразования K_0 при определении ГХ акселерометров с диапазонами измерений $-11+22 \text{ м/с}^2$ на ТЕМП-2 $b_u = \frac{\sum_{j=1...3}^{5...9} U_j \cdot \sum_{j=1...3}^{5...9} X_j^2 - \sum_{j=1...3}^{5...9} U_j X_j \cdot \sum_{j=1...3}^{5...9} X_j}{8 \sum_{j=1...3}^{5...9} X_j^2 - \left(\sum_{j=1...3}^{5...9} X_j \right)^2} \quad (8)$ $K_0 = \frac{8 \sum_{j=1...3}^{5...9} U_j X_j - \sum_{j=1...3}^{5...9} U_j \sum_{j=1...3}^{5...8} X_j}{8 \sum_{j=1...3}^{5...9} X_j^2 - \left(\sum_{j=1...3}^{5...9} X_j \right)^2} \quad (9)$ где X_j – значение измеряемого ускорения в j-й точке градуировки $X_{j(1-3)} = X_u(1 - \xi) \quad (10)$ $X_{j(5-9)} = X_u(1 + \xi), \quad (11)$ где X_u – значение ускорения, воспроизводимого ТЕМП-2 $\xi = \frac{1}{3} \left[\frac{U_7 + U_1 - 2U_4}{U_7 - U_1} + \frac{U_6 + U_2 - 2U_4}{U_6 - U_2} + \frac{U_5 + U_3 - 2U_4}{U_5 - U_3} \right] \quad (12)$ Рассчитать ГХ акселерометров в В $U_j^* = U_j + U_0 \quad (13)$ где $U_0 = \left[b_0 - \left(\frac{U_4 + U_6}{2} \right) \right]$; U_4, U_6 – значения выходных напряжений в 4-й и 6-й точках ГХ; b_0 – значение смещения нуля, определенное по формуле (6); U_j – значение выходного напряжения ГХ, определенное по формуле (5)
8 Предельное значение случайной оставляющей приведенной дополнительной погрешности	Рассчитать и вывести на печать значение случайной составляющей погрешности, %, по формуле $\gamma_t = \frac{2}{N} \sqrt{[D(t, x)]_{\max}} \cdot 100, \quad (14)$ где $[D(t, x)]$ – максимальное значение дисперсии $D(t, x)_u$, равной в B^2 $D(t, x)_u = \frac{\sum_{i=4}^4 (U_{tuij} - U_{tuj})^2}{3}, \quad (15)$ где $U_{tuj} = \frac{\sum_{i=4}^4 U_{tuij}}{4}$