

УТВЕРЖДАЮ

АО «НИИФИ»

Руководитель ЦИ СИ



М.Е. Горшенин

08 2015 г.

Акселерометр низкочастотного линейный

АЛО 034М

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

СДАИ.402139.078МП

л.р. 62702-15

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 Контроль внешнего вида и маркировки.....	
6.2 Контроль коэффициента преобразования, погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,011 \text{ м/с}^2$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$ и смещения нуля.....	4
6.3 Контроль коэффициента преобразования, погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазона измерений от $\pm 0,7 \text{ м/с}^2$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$ и смещения нуля.....	7
6.4 Контроль коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$	8
6.5 Контроль смещения нуля акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$	10
6.6 Контроль основной приведенной погрешности	10
7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А Формы таблиц для регистрации результатов поверки.....	11
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Таблица оперативной информации к обработке результатов испытаний	13

Вводная часть

Настоящая методика по поверке распространяется на акселерометры низкочастотные линейные АЛО 034М (акселерометры), предназначенные для измерения низкочастотного линейного ускорения. 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 Контроль внешнего вида и маркировки	6.1	да	да
2 Контроль коэффициента преобразования, погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,011 \text{ м/с}^2$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$ и смещения нуля	6.2	да	да
3 Контроль коэффициента преобразования, погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 0,7 \text{ м/с}^2$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$ и смещения нуля	6.3	да	да
4 Контроль коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$	6.4	да	да
5 Контроль смещения нуля акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$	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 $\pm(0,05/0,05-0,1/0,1)\%$
3 Источник питания постоянного тока Б5-71/4м	Диапазон (0,2 - 75) В, погрешность $\pm(0,008U_{\text{ист}}+0,1)B$, (0,1 - 4) А, погрешность $\pm(0,02I_{\text{max}}+0,05)$ А
4 Комплекс градуировочный 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 Квадрант оптический КО-10	Диапазон измерений от 0 до 360 °, погрешность $\pm 10''$
6 Камера тепла и холода МС 71	Диапазон температур от минус 80 °C до 100 °C, стабильность поддержания температуры $\pm 0,5$ °C, равномерность температуры в камере $\pm 1,0$ °C
7 Пульт П 060	
8 Приспособление установочное МКНИ.441558.124	
9 Приспособление Вт 2.787.054	
10 Приспособление Вт 7870-4669/010	

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 15 $^{\circ}\text{C}$ до 30 $^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 75 %;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст.);
- напряжение питания $\pm(27,0\pm0,1)$ В.

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

На корпусе каждого датчика должно быть отчетливо выгравировано:

- АЛО 034М - индекс акселерометра;
- XXXXXX - заводской номер;
- $\pm 0,011$ - верхний и нижний пределы диапазона измерений;
- 4 - верхний предел частоты ЧДИ;
- CЭ - знак защиты от статического электричества.
- \uparrow , \leftarrow , \rightarrow - направление осей системы координат, связанной с установочной плоскостью;
- \uparrow - направление измерительной оси;

6.2 Контроль коэффициента преобразования, погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$ и смещения нуля

6.2.1 Установить приспособление Вт 2.787.054 на защищенное от вибрационных помех место и оторгизонтировать его с помощью уровня брускового с погрешностью ± 1 деление. Установить на приспособление оптическую делительную головку ОДГЭ-5. Установить в шпиндель головки приспособление Вт 7870-4669/030 с закрепленным на нем приспособлением Вт 7870-4669/010.

6.2.2 Вращением маховика установить шпиндель головки вертикально.

Проверить вертикальность положения шпинделя головки следующим образом:

установить на площадку приспособления Вт 7870-4669/010 уровень брусковый. Вращая шпиндель ОДГЭ-5 на угол 360^0 и делая остановки через 120^0 , когда ось измерения уровня направлена на регулировочный винт приспособления Вт 2.787.054 проконтролировать изменение показания уровня. Ось шпинделя головки будет вертикальна, если показания уровня не будут изменяться.

В случае изменения показания уровня более чем на 2 деления, регулируя винтами приспособление Вт2.787.054 найти положение, при котором вращение шпинделя головки на 360^0 не будет изменять показание более, чем на 2 деления.

6.2.3 Установить квадрант КО-10 на приспособление Вт 7870-4669/010 так, чтобы ось лимба была параллельна оси поворота ОДГЭ-5 относительно основания. Повернуть шпиндель головки на угол γ (в соответствии с таблицей 3) от вертикали. Зафиксировать этот угол γ .

6.2.4 Установить акселерометр с помощью приспособления Вт 7870-4669/010 осью Z горизонтально, осью Y вниз, осью X в направлении наклона оси шпинделя головки на приспособление Вт 7870-4669/030.

6.2.5 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

6.2.6 Установить выходное напряжение источника питания G1 ($27,0 \pm 0,1$) В. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 60 мин.

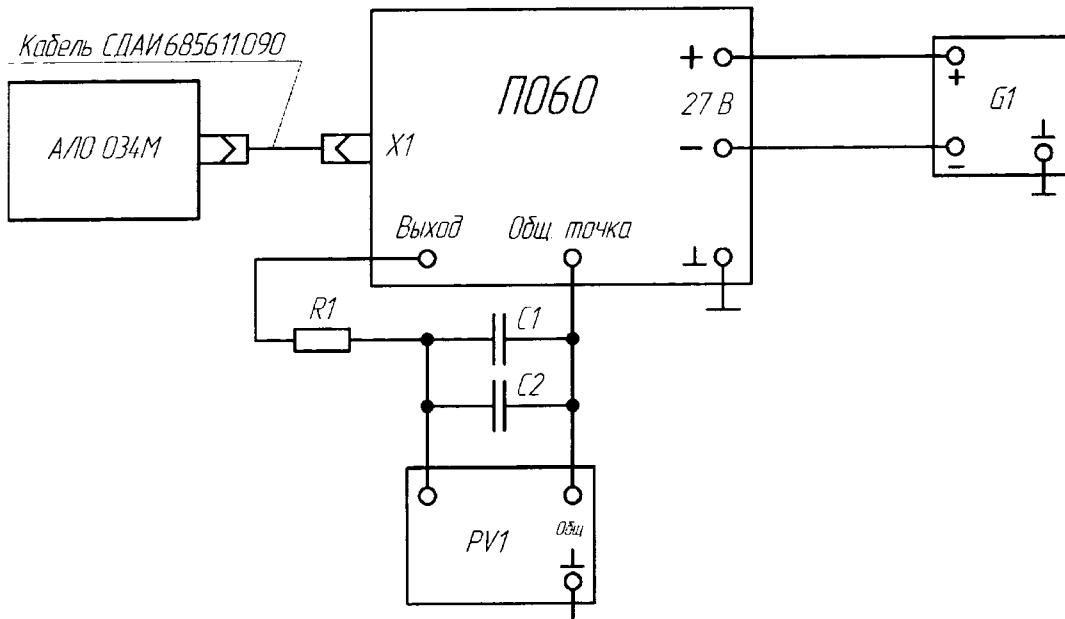
6.2.7 Повернуть шпиндель головки так, чтобы выходное напряжение акселерометра стало $(3,0 \pm 0,2)$. Задокументировать угол α_0 .

6.2.8 Повернуть шпиндель головки на угол α (значение угла α в таблице 3) по часовой или против часовой стрелки так, чтобы выходное напряжение акселерометра уменьшилось относительно α_0 . Считать этот угол отрицательным.

6.2.9 Установить выходное напряжение источника G1 (34-0,1) В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} 6 раз подряд ($u=1$; $i=1, \dots, 6$; $j=1$).

6.2.10 Установить выходное напряжение источника G1 ($23^{+0,1}$) В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} 6 раз подряд ($u=2$; $i=1, \dots, 6$; $j=1$).

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.1.



G1 – источник питания постоянного тока Б5-71/4м;

PV1 – вольтметр универсальный цифровой В7-16А;

R1 – резистор С2-36-110 кОм±0,5%-А-Н-В ОЖО.467.089 ТУ;

C1, C2 – конденсаторы K10-17a-H90-1,5 мкФ ОЖО.460.107 ТУ.

Рисунок 1 — Схема контроля акселерометров

6.2.11 Установить выходное напряжение источника G1 ($27 \pm 0,1$) В. Измерить выходные напряжения U_{ij}^M ($i=1, j=1$). Поворачивая шпиндель головки на угол минус ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$), α_4 , плюс ($\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha$), Записать 6 следующих друг за другом показаний вольтметра в каждой точке ($j=2, \dots, 9$; $i=1, \dots, 6$) в таблицу А.2.

Примечание – Перед установкой углов необходимо привести их к виду, удобному для установки на лимбах головки путем вычитания из значения α_0 абсолютного значения углов $\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha$.

6.2.12 Провести операции пп. 6.2.9, 6.2.10 ($i=1, 2$; $i=1, \dots, 6$; $j=9$). Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.2.

6.2.13 Определить значения коэффициента преобразования, K_0 , погрешности аппроксимации, σ_a , смещения нуля, b_0 по формулам (14) – (18) Приложения Б.

6.2.14 Значение коэффициента преобразования должно соответствовать требованиям таблицы 3, значение смещения нуля должно находиться в интервале от 2,7 до 3,3 В, значение погрешности аппроксимации не превышать 0,5 %.

Таблица 3

Диапазон измерений, м/с ²	Температурные испытания		Определение градуировочной характеристики						Коэффициент преобразования В·с ² /м
	α	$\cdot \sin \alpha_j$	α_j		γ	$\sin \alpha_j$	$\sin \alpha_j \cdot \sin \gamma$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$\pm 0,011$	4'	0,001163553	α	$3^{\circ}40'$	60'	0,06395	0,001116	157,727-192,778	
			α_1	3°		0,05233	0,000913		
			α_2	2°		0,03489	0,000609		
			α_3	1°		0,01745	0,000304		
			α_4	0°		0,00000	0,000000		
$\pm 0,07$	25'	0,00727214	α	24°	60'	0,4067366	0,00709853	21,407-26,164	
			α_1	18°		0,3090170	0,00539309		
			α_2	12°		0,2079117	0,00362856		
			α_3	6°		0,1045285	0,00182427		
			α_4	0°		0,0000000	0,00000000		
$\pm 0,1$	35'	0,01018091	α	23°	1° 30'	0,3907311	0,01022815	14,985-18,315	
			α_1	18°		0,3090170	0,00808912		
			α_2	12°		0,2079117	0,00544249		
			α_3	6°		0,1045285	0,00273624		
			α_4	0°		0,0000000	0,00000000		
$\pm 0,7$	4°	0,06975647	α	4°	-	0,06975647	-	2,484-3,037	
			α_1	3°		0,05233596			
			α_2	2°		0,03489950			
			α_3	1°		0,01745241			
			α_4	0°		0,0000000			
$\pm 1,4$	8°	0,1391731	α	8°	-	0,1391731	-	1,242-1,518	
			α_1	6°		0,1045285			
			α_2	4°		0,06975647			
			α_3	2°		0,03489950			
			α_4	0°		0,0000000			
$\pm 2,8$	17°	0,2923717	α	17°	-	0,2923717	-	0,621-0,759	
			α_1	13°		0,2249511			
			α_2	9°		0,1564345			
			α_3	5°		0,08715574			
			α_4	0°		0,0000000			

Продолжение таблицы 3

Диапазон измерений, м/с ²	Температурные испытания		Определение градуировочной характеристики					Коэффициент преобразования В·с ² /м
	α	·sin α _j	α _j	γ	sin α _j	sin α _j ·sin γ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
±5,6	35°	0,5735764	α	35°	-	0,5735764	-	0,310-0,379
			α ₁	27°		0,4539905		
			α ₂	18°		0,3090170		
			α ₃	9°		0,1564345		
			α ₄	0°		0,0000000		
±11	90°	1,0000000	α	90°	-	1,0000000	-	0,204-0,249
			α ₁	45°		0,7071068		
			α ₂	30°		0,5000000		
			α ₃	15°		0,2588190		
			α ₄	0°		0,0000000		
±90	90°	1,0000000	α	90°	-	1,0000000	-	0,025-0,031
			α ₄	0°		0,0000000		

6.3 Контроль коэффициента преобразования, погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от ±0,7 м/с² до ±11 м/с² и смещения нуля

6.3.1 Установить приспособление МКНИ.441558.124 в камеру тепла и холода. Подстыковать его к головке и выставить 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 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 головки на 90°, при этом показания на лимбах головки должны быть нулевыми.

6.3.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить с помощью вольтметра PV1 напряжение источника G1 (27,0±0,1) В. Подключить вольтметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060.

6.3.4 Провести установку смещения нуля.

6.3.4.1 Для акселерометров с диапазонами измерений ±0,7 до ±2,8 м/с² измерить прибором PV1 выходное напряжение U_{0i} (i=1). Повернуть шпиндель головки на 180° и вновь измерить выходное напряжение U_{0i} (i=2).

Установить шпиндель головки в то из двух положений (i = 1 или i = 2), в котором измеренное напряжение U₀₁ или U₀₂ меньше отличается от значения 3,0 В.

Зафиксировать угол α₀, соответствующий положению шпинделя, в котором измеренное напряжение U₀₁ или U₀₂ меньше отличается от значения 3,0 В.

6.3.4.2 Для акселерометров с диапазонами измерений от ±5,6 до ±11 м/с² измерить прибором PV1 выходное напряжение U₁. Повернуть шпиндель головки на 180° и вновь измерить выходное напряжение U₂.

Определить значение U₀₁, в В, по формуле

$$U_{01} = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

Повернуть шпиндель головки на 180° относительно того положения, при котором выходное напряжение акселерометра становится равным значению U₀₁.

Определить значение U₀, в В, по формуле

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

Повернуть шпиндель головки так, чтобы выходное напряжение акселерометра стало равным значению U_0 . Зафиксировать угол α_0 .

6.3.5 Установить в камере температуру $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч во включенном состоянии.

Примечание – Перед установкой отрицательных углов необходимо привести их к виду, удобному для установки на лимбах головки путем вычитания из значения α_0 абсолютного значения углов $\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha$ (см. таблицу 3).

6.3.6 Повернуть шпиндель головки на угол минус α относительно угла α_0 .

6.3.7 Установить выходное напряжение источника G1 $(34_{-0,1})$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=1, i=1, j=1$).

6.3.8 Установить выходное напряжение источника G1 $(23^{+0,1})$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=2, i=1, j=1$). Повторить операции пп. 6.3.5, 6.3.6 еще раз ($u=1, 2, i=2, j=1$).

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А3.

6.3.9 Установить выходное напряжение источника G1 $(27 \pm 0,1)$ В. Измерить выходные напряжения U_{ij}^M ($i=1, j=1$).

6.3.10 Поворачивая шпиндель головки на угол минус $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \alpha_4$, плюс $(\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha)$ относительно α_0 , измерить выходные напряжения U_{ij}^M ($i=1, j=1, \dots, 9$), соответствующие 2, ..., 9 точкам прямого хода.

6.3.11 Провести операции пп. 6.3.7-6.3.8 два раза ($u=1, 2, i=1, 2, j=9$). Полученные данные занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.4.

6.3.12 Установить выходное напряжение источника G1 $(27 \pm 0,1)$ В. Поворачивая шпиндель головки от угла плюс α до угла минус α , измерить выходные напряжения U_{ij}^B ($i=1, j=1, \dots, 9$), соответствующие 9, ..., 1 точкам обратного хода ГХ. Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.4.

6.3.13 Определить значения коэффициента преобразования, K_0 , погрешности аппроксимации, σ_a , смещения нуля, b_0 по формулам (14) –(18) Приложения Б.

6.3.14 Значение коэффициента преобразования должно соответствовать требованиям таблицы 3, значение смещения нуля должно находиться в интервале от 2,7 до 3,3 В, значение погрешности аппроксимации не превышать 0,2 % для акселерометров с диапазоном измерений $\pm 0,7 \text{ м/с}^2$, 0,1 % – для остальных диапазонов измерений.

6.4 Контроль коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$

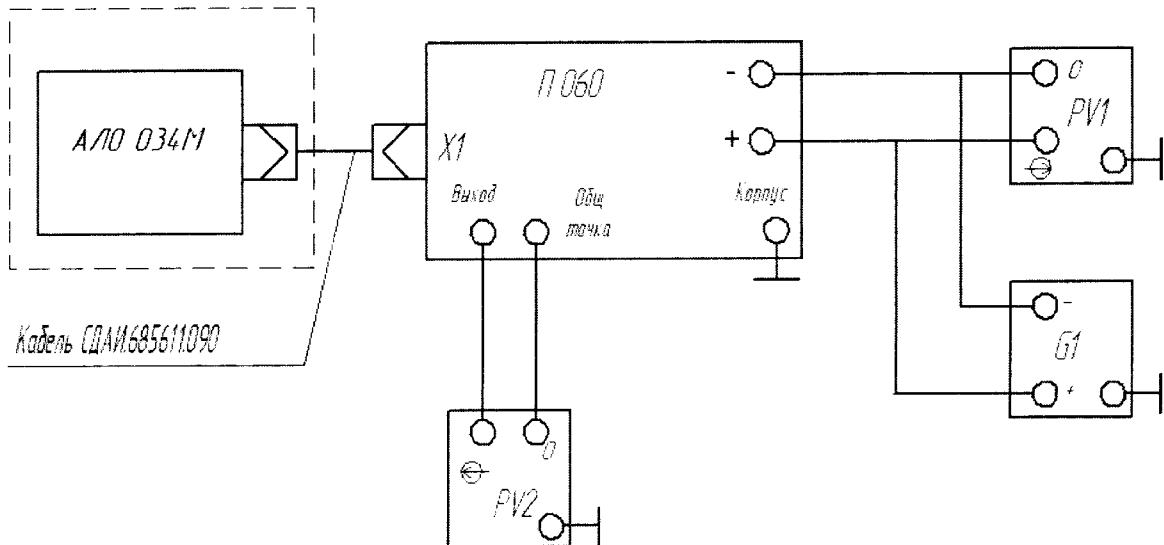
6.4.1 Акселерометр установить на платформу градуировочного комплекса ТЕМП 2 (центрифуги) с помощью приспособления МКНИ.441558.126. Положение акселерометров должно быть таким, чтобы ось X совпадала с радиусом вращения стола. Собрать схему в соответствии с рисунком 2 и включить питание акселерометра.

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

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

6.4.4 Установить при помощи вольтметра PV1 напряжение источника G1 равным $23^{+0,1}$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=2, i=1, j=1$). Повторить операции пп. 6.4.3, 6.4.4

6.4.5 Установить при помощи вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 $(27,0 \pm 0,1)$ В.



G1 – источник питания постоянного тока Б5-71/4м
 PV1, PV2 – вольтметр универсальный цифровой В7-16А
 Рисунок 2 – Схема контроля параметров акселерометра

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

6.4.7 Повернуть приспособление МКНИ.441558.126 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 ($i=1, j=6, \dots, 9$).

6.4.8 Установить при помощи вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 (34.0,1) В. Провести измерения выходного напряжения акселерометра, выполняя операции п. 6.4.3 ($u=1, i=1, j=9$) и п. 6.4.4 ($u=2, i=1, j=9$). Записать результаты измерений, соответствующие $u=1, 2$ $i=1, j=9$ в таблицу, выполненную по форме А.3 дважды ($u=1, 2, i=2, j=9$).

6.4.9 Установить при помощи вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 ($27,0 \pm 0,1$) В. Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра при значениях ускорения, равных 100, 75, 50, 25, 0 % U_{ij}^B от диапазона измерений ($i=2, j=9, \dots, 5$).

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

Результаты определения ΓX при напряжении питания акселерометра ($27,0 \pm 0,1$) В и температуру окружающей среды t_0 занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.5.

6.4.11 Определить коэффициент преобразования K_0 и нелинейность ΓX σ_a акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$, обработав результаты испытаний, занесенные в таблицу, выполненную по форме таблицы А.5, по формулам (19) – (24) приложения Б.

При этом должна быть учтена относительная погрешность задания ускорения центрифугой ξ , обусловленная неопределенностью положения центра масс (формулы (21)-(22) приложения Б).

6.4.12 Значение коэффициента преобразования должно соответствовать требованиям таблицы 3, значение погрешности аппроксимации не превышать 0,1 %.

6.5 Контроль смещения нуля акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$

6.5.1 Подстыковать приспособление МКНИ.441558.124 к головке и выставить 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 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 головки на 90° , при этом показания на лимбах головки должны быть нулевыми.

6.5.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить с помощью вольтметра PV1 напряжение источника G1 ($27,0 \pm 0,1$) В. Подключить вольтметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060.

6.5.4 Измерить прибором PV1 выходное напряжение U_{0i} ($i=1$). Повернуть шпиндель головки на 180° и вновь измерить выходное напряжение U_{0i} ($i=2$).

6.5.5 Повторить операции по п. 6.5.4 еще один раз. Результаты занести в таблицу А.6.

6.5.6 Определить смещение нуля акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$, обработав результаты испытаний, занесенные в таблицу, выполненную по форме таблицы А.6, – по формуле (18) приложения Б.

6.5.7 Значение смещения нуля должно находиться в пределах от 2,7 до 3,3 В.

6.6 Контроль основной приведенной погрешности

6.6.1 Определить значение основной приведенной погрешности γ_0 в процентах обработав результаты испытаний по пп. 6.2-6.4 по формулам (1) – (13) Приложения Б.

6.6.2 Значение основной приведенной погрешности находится в пределах $\pm 0,1\%$.

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».

Приложение А
Формы таблиц для регистрации результатов поверки

Таблица А.1 – Результаты испытаний по определению влияния изменения напряжения питания акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$

Измеряемое ускорение	Значение напряжения питания	Выходное напряжение, U_{uij} , В					
		U_{1j}	U_{2j}	U_{3j}	U_{4j}	U_{5j}	U_{6j}
X_1	34 В ($u=1$)						
	23 В ($u=2$)						
X_9	34 В ($u=1$)						
	23 В ($u=2$)						

Таблица А.2 – Результаты контроля градировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$

Номер точки градуировки, j	Измеряемое ускорение, $X_j = \sin \alpha_j \cdot \sin \gamma$	Выходное напряжение U_{ij} , В					
		U_{1j}	U_{2j}	U_{3j}	U_{4j}	U_{5j}	U_{6j}
1	$-\sin \alpha \cdot \sin \gamma$						
2	$-\sin \alpha_1 \cdot \sin \gamma$						
3	$-\sin \alpha_2 \cdot \sin \gamma$						
4	$-\sin \alpha_3 \cdot \sin \gamma$						
5	$\sin \alpha_4 \cdot \sin \gamma$						
6	$\sin \alpha_3 \cdot \sin \gamma$						
7	$\sin \alpha_2 \cdot \sin \gamma$						
8	$\sin \alpha_1 \cdot \sin \gamma$						
9	$\sin \alpha \cdot \sin \gamma$						

Таблица А.3 – Результаты испытаний по определению влияния изменения напряжения питания акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 90 \text{ м/с}^2$

Измеряемое ускорение, X_j	Выходное напряжение, U_{uij} , В			
	i=1		i=2	
	34	23	34	23
U_{11j}	U_{21j}	U_{12j}	U_{22j}	
X_1				
X_9				

Таблица А.4 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$

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 А.5 – Результаты определения градуировочной характеристики для диапазона измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$

Порядковый номер точки градуировки, j	Задаваемое ускорение, X_u , 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.6 – Результаты контроля начального уровня акселерометра

Наименование параметра	Порядковый номер измерения, i			
	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$
Выходное напряжение, U_o , В				

Таблица оперативной информации к обработке результатов испытаний

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 диапазонов измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$ $\sum_{p=1}^2 D_{\text{обр},p} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 2 \cdot 10^{-7} \quad (1)$ Для диапазонов измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$ $\sum_{p=1}^2 D_{\text{обр},p} = 25 \cdot 10^{-12} \cdot K_0^2 + 2 \cdot 10^{-7} \quad (2)$ Для диапазона измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$ $\sum_{p=1}^2 D_{\text{обр},p} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 0,56 \cdot 10^{-6} \quad (3)$
5 Указания по определению основной приведенной погрешности акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 90 \text{ м/с}^2$	Рассчитать значение основной приведенной погрешности акселерометра, % $\gamma_0 = \frac{2}{N} \sqrt{D_u + D_u + \sum_{p=1}^2 D_{\text{обр},p}} \cdot 100 \quad (4)$ Рассчитать среднюю градуировочную характеристику, В $U_j = \frac{U_j^M + U_j^B}{2} \quad (5)$ Рассчитать значение дисперсии невоспроизводимости градуировочной характеристики, В ² $D_u = \frac{\sum_{j=1}^9 (U_j^M - U_j)^2 + \sum_{j=1}^9 (U_j^B - U_j)^2}{18} \quad (6)$ где U_j^M - значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны меньших значений, В где U_j^B - значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны больших значений, В
5.1 Определение значения дисперсии от изменения напряжения питания акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 90 \text{ м/с}^2$	Рассчитать значение выходного напряжения в 1-й и 9-й точках градуировки $U_{\text{исср}} = \sum_{u=1, i=1}^{u=2, j=2} U_{uij} / 4 \quad (7)$ Подсчитать значение погрешности для каждого эксперимента $\Delta U_{uij} = U_{uij} - U_{\text{исср}} \quad (8)$ Подсчитать значение дисперсии $D_u = \sum_{i=1, u=1, j=1}^{i=2, u=2, j=9} \Delta U_{uij}^2 / 4 \quad (9)$

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
6 Указания по определению основной приведенной погрешности акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$	<p>Рассчитать значение основной приведенной погрешности акселерометра, %</p> $\gamma_0 = \frac{2}{N} \sqrt{D_u + \sum_{\rho=1}^2 D_{\rho\rho}} \cdot 100 \quad (10)$ <p>Для каждой точки градуировки исключить из результатов минимальное и максимальное значение</p> <p>Для оставшихся значений определить среднее значение</p> $U_{ucp} = \frac{\sum_{u=1, j=1}^{u=2, j=2} U_{uj}}{4} / 4 \quad (11)$ <p>Подсчитать значение погрешности для каждого эксперимента</p> $\Delta U_{uj} = U_{uj} - U_{ucp} \quad (12)$ <p>Подсчитать значение дисперсии</p> $D_u = \frac{\sum_{i=1, u=1, j=1}^{i=2, u=2, j=9} \Delta U_{uj}^2}{16} \quad (13)$
7 Указания по расчету параметров ГХ акселерометров с диапазоном измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$	<p>Для каждой точки градуировки акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$ исключить из результатов минимальное и максимальное значение</p> <p>Для оставшихся значений определить среднюю градуировочную характеристику, В</p> $U_j = \frac{\sum_{i=1}^4 U_{ij}}{4} \quad (14)$ <p>Подсчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования K_0</p> $K_0 = \frac{\sum_{j=1}^m U_j X_j}{\sum_{j=1}^m X_j^2} \cdot \frac{1}{9,81294} \quad (15)$ <p>где $X_j = \sin \gamma \cdot \sin \alpha_j$ для диапазонов измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 0,1 \text{ м/с}^2$</p> <p>$X_j = \sin \alpha_j$ для диапазонов измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$</p> <p>Подсчитать и вывести на печать значение смещения нуля b_0 акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,011$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$</p> $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^9 U_j}{9} \quad (16)$ <p>Подсчитать дисперсию аппроксимации D_a:</p> $D_a = \frac{1}{7} \sum_{j=1}^9 (b_0 + K_0 X_j \cdot 9,81294 - U_j)^2, \quad (17)$ <p>Подсчитать среднее квадратическое значение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики</p> $\sigma_a = \frac{100}{N} \cdot \sqrt{D_a} \quad (17)$ <p>Подсчитать и вывести на печать значение смещения нуля b_0 акселерометров с диапазонами измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$</p> $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^4 U_j}{4} \quad (18)$

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
7.4 Указания по расчету параметров ГХ акселерометров с диапазонами измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$	<p>Рассчитать значение начального уровня b_u, рассчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования K_0 при определении ГХ акселерометров с диапазоном измерений $\pm 90 \text{ м/с}^2$ на центрифуге</p> $b_u = \frac{\sum_{j=1..4}^{6..9} U_j \cdot \sum_{j=1..4}^{6..9} X_j^2 - \sum_{j=1..4}^{6..9} U_j X_j \cdot \sum_{j=1..4}^{6..9} X_j}{8 \sum_{j=1..4}^{6..9} X_j^2 - \left(\sum_{j=1..4}^{6..9} X_j \right)^2} \quad (19)$ $K_0 = \frac{8 \sum_{j=1..4}^{6..9} U_j X_j - \sum_{j=1..4}^{6..9} U_j \cdot \sum_{j=1..4}^{6..9} X_j}{8 \sum_{j=1..4}^{6..9} X_j^2 - \left(\sum_{j=1..4}^{6..9} X_j \right)^2}, \quad (20)$ <p>где U_j – средняя градуировочная характеристика; X_j – значение измеряемого ускорения в j-й точке градуировки</p> $X_{j(1-4)} = X_u (1 - \xi) \quad (21)$ $X_{j(6-9)} = X_u (1 + \xi), \quad (22)$ <p>где X_u – значение ускорения, воспроизведенного центрифугой.</p> <p>Рассчитать дисперсию аппроксимации D_a:</p> $D_a = \frac{1}{6} \sum_{j=1..4}^{6..9} (b_u + K_0 X_j - U_j)^2 \quad (23)$ <p>Рассчитать и вывести на печать среднее квадратическое значение погрешности от нелинейности статической градуировочной характеристики</p> $\sigma_a = \frac{100}{N} \cdot \sqrt{D_a} \quad (24)$