

УТВЕРЖДАЮ

АО «НИИФИ»

Руководитель ЦИ СИ



М.Е. Горшенин

2015 г.

**Акселерометр низкочастотный линейный**

**АЛЕ 049М**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**СДАИ.402139.079МП**

и.р. 62710-15

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Вводная часть  | 3  |
| 1 Операции поверки   | 3  |
| 2 Средства поверки   | 3  |
| 3 Требования безопасности  | 4  |
| 4 Условия поверки  | 4  |
| 5 Подготовка к поверке   | 4  |
| 6 Проведение поверки   | 5  |
| 7 Оформление результатов поверки   | 11 |
| Приложение А Формы таблиц  | 12 |
| Приложение Б Таблица оперативной информации<br>к обработке результатов испытаний | 14 |

## Вводная часть

Настоящая методика по поверке распространяется на акселерометр низкочастотный линейный АЛЕ 049М (акселерометр), предназначенный 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 смещения нуля акселерометров. Определение ГХ акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6$ и $\pm 11$ м/с <sup>2</sup> . Контроль коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6$ и $\pm 11$ м/с <sup>2</sup>  | 6.2                              | да                      | да                    |
| 3 Определение ГХ акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от $\pm 22$ до $\pm 1400$ м/с <sup>2</sup> . Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от $\pm 22$ до $\pm 1400$ м/с <sup>2</sup>   | 6.3                              | да                      | да                    |
| 4 Определение ГХ акселерометров с диапазонами измерений 0+270; 0+400; 0+800; 0+1200; 0+2000 м/с <sup>2</sup> . Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В акселерометров с диапазонами измерений 0+270; 0+400; 0+800; 0+1200; 0+2000 м/с <sup>2</sup> | 6.4                              | да                      | да                    |
| 5 Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6$ и $\pm 11$ м/с <sup>2</sup>   | 6.5                              | да                      | да                    |
| 6 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды от минус 65 до 65 °С. Контроль предельного значения случайной составляющей погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды  | 6.6                              | да                      | да                    |
| 7 Контроль основной погрешности   | 6.7                              | 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 Штангенциркуль ШЦ  | Диапазон (0 – 125) мм; погрешность $\pm 0,1$ мм  |
| 3 Вольтметр В7-16А   | Диапазон (0,1 – 1000) В, погрешность КТ $\pm(0,05/0,05-0,1/0,1)\%$   |
| 4 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   |
| 5 Комбинированный прибор Ц-4353                                    | Диапазон (0 – 5000 кОм), погрешность $\pm 1,5\%$   |
| 6 Мультиметр цифровой типа Agilent 34401А                          | Диапазон (0 – 1000) В, погрешность $\pm(0,0035 – 0,005)\%$   |
| 7 Градуировочный комплекс ТЕМП-2                                   | Диапазон воспроизводимых линейных ускорений 5-1500 м/с <sup>2</sup> . Относительная среднеквадратичная погрешность воспроизведения ускорений в диапазоне 10-100 м/с <sup>2</sup> не более 0,2 %, в диапазоне 100-1500 м/с <sup>2</sup> не более 0,03 % |
| 8 Камера климатическая 3524/58                                     | Диапазон температур от минус 70°С до 100 °С; равномерность температуры в камере $\pm 1,2$ °С   |

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 °С до 30 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 75 %;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст.);
- напряжение питания  $\pm(27,0\pm 0,1)$  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. Наружная поверхность трубки кабельной перемычки должна соответствовать требованиям раздела 1 ТУ 3491-005-00214639.

На корпусе каждого датчика должно быть отчетливо выгравировано:

- АЛЕ 049М - индекс акселерометра;
- $\pm 11$  - верхний и нижний пределы диапазона измерений;
- 64 - наибольшее значение частоты ЧДИ;
- XXXXXX - заводской номер;
- $\uparrow^X$ ,  $z \leftarrow$ ,  $\rightarrow Y$  - направление осей системы координат, связанной с установочной плоскостью;

- $\uparrow$  - направление измерительной оси;

 - знак защиты от статического электричества.

6.2 Контроль смещения нуля акселерометров. Определение ГХ акселерометров с диапазонами измерений  $\pm 5,6$  и  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>. Контроль коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений  $\pm 5,6$  и  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>

6.2.1 Установить приспособление МКНИ.441558.307-01 в камеру тепла и холода. Подстыковать его к оптической делительной головке ОДГЭ-5 (ОДГ) 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  $\pm 1$  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.

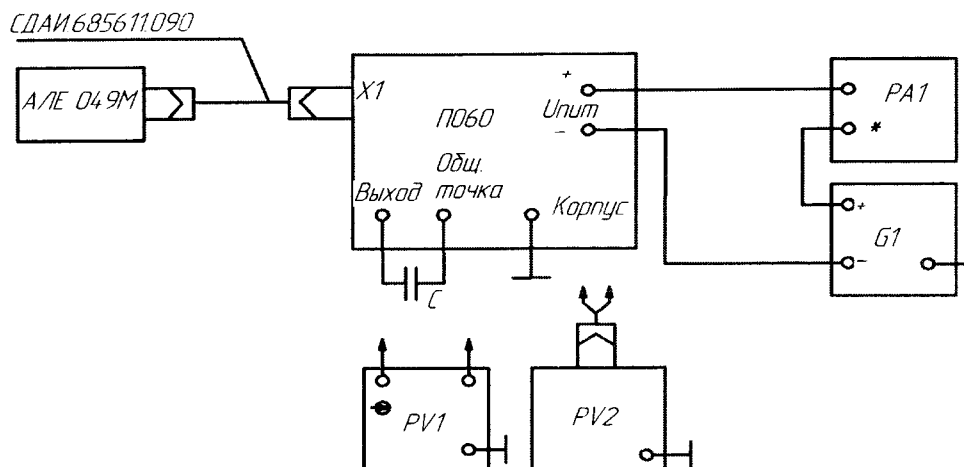
Повернуть шпиндель оптической делительной головки на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГ должны быть нулевыми.

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 ( $27,0 \pm 0,1$ ) В. Подключить вольтметр PV1 к клеммам ВЫХОД и ОБЩ. ТОЧКА пульта П 060. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 5 мин для диапазона измерений  $\pm 5,6$  м/с<sup>2</sup> и в течение 1 мин для диапазона измерений  $\pm 22$  м/с<sup>2</sup>.

6.2.4 Измерить выходное напряжение акселерометра. Измеренное напряжение должно соответствовать требованиям таблицы 3. Выключить питание акселерометра.

6.2.5 Включить питание акселерометра. Установить в камере температуру  $(20 \pm 2)$  °С и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч во включенном состоянии. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{01}$ .



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

Таблица 3

| Диапазон измерений      | Коэффициент преобразования, В·с <sup>2</sup> /м | Смещение нуля, В |
|-------------------------|---|------------------|
| ±5,6 м/с <sup>2</sup>   | от 0,38571 до 0,42857                           | 3,0±0,3          |
| ±11 м/с <sup>2</sup>    | от 0,20455 до 0,22727                           |                  |
| ±22 м/с <sup>2</sup>    | от 0,10227 до 0,11364                           |                  |
| ±45 м/с <sup>2</sup>    | от 0,05000 до 0,05556                           |                  |
| ±90 м/с <sup>2</sup>    | от 0,02500 до 0,02778                           |                  |
| ±180 м/с <sup>2</sup>   | от 0,01250 до 0,01528                           |                  |
| ±180 м/с <sup>2</sup>   | от 0,01181 до 0,01597                           |                  |
| ±270 м/с <sup>2</sup>   | от 0,00833 до 0,01019                           |                  |
| ±350 м/с <sup>2</sup>   | от 0,00607 до 0,00821                           |                  |
| ±700 м/с <sup>2</sup>   | от 0,00304 до 0,00411                           |                  |
| ±1200 м/с <sup>2</sup>  | от 0,00177 до 0,00240                           |                  |
| ±1400 м/с <sup>2</sup>  | от 0,00152 до 0,00205                           |                  |
| 0+270 м/с <sup>2</sup>  | от 0,00833 до 0,01019                           | 0,4±0,2          |
| 0+400 м/с <sup>2</sup>  | от 0,00563 до 0,00688                           |                  |
| 0+800 м/с <sup>2</sup>  | от 0,00281 до 0,00314                           |                  |
| 0+1200 м/с <sup>2</sup> | от 0,00188 до 0,00229                           |                  |
| 0+2000 м/с <sup>2</sup> | от 0,00113 до 0,00138                           | 0,85±0,15        |
| -10+50 м/с <sup>2</sup> | от 0,04500 до 0,05000                           |                  |

6.2.6 Повернуть шпindel головки на угол 180° и измерить выходное напряжение U<sub>02</sub>.  
Определить U<sub>0</sub>, в В, по формуле

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

6.2.7 Поворачивая шпindel головки в ту или другую сторону, найти такое положение, чтобы показания вольтметра соответствовали значению U<sub>0</sub>, определенному в п. 6.2.3. Зафиксировать угол α<sub>0</sub>.

6.2.8 Поворачивая шпindelь головки на угол минус ( $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ),  $\alpha_4$ , плюс ( $\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha$ ) относительно  $\alpha_0$ , измерить выходные напряжения  $U_j^M$  ( $j=1, \dots, 9$ ), соответствующие 1, ..., 9 точкам прямого хода.

6.2.9 Поворачивая шпindelь головки от угла плюс  $\alpha$  до угла минус  $\alpha$ , измерить выходные напряжения  $U_j^B, \dots, U_1^B$  ( $j=9, \dots, 1$ ), соответствующие 9, ..., 1 точкам обратного хода ГХ.

Результаты испытаний и температуру в камере ( $t_0$ ) занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.4.

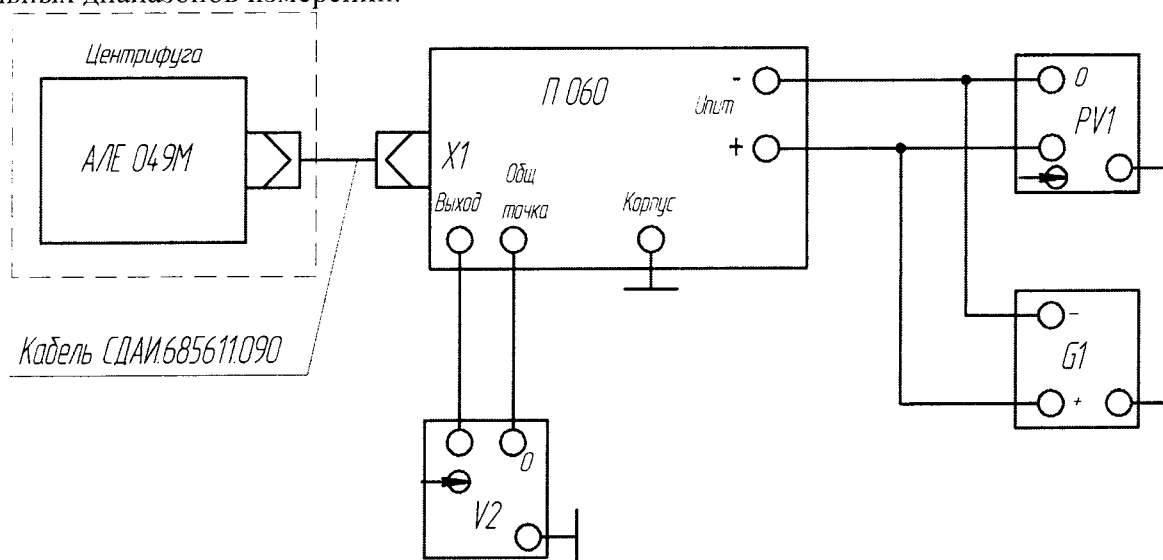
6.2.10 Обработать результаты испытаний, занесенных в таблицы А.2, А.4, при температуре плюс 20 °С, пользуясь формулами (3) – (6), (8), (Б.10) приложения Б.

Результаты испытаний считать положительными, если значения  $b_0, K_0$  соответствуют требованиям таблицы 3, значение  $\sigma_a$  должно быть не более 0,5 % для акселерометров с ЧДИ (0-200), (0-256) Гц, не более 0,2 для остальных диапазонов.

6.3 Определение ГХ акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от  $\pm 22$  до  $\pm 1400$  м/с<sup>2</sup>. Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от  $\pm 22$  до  $\pm 1400$  м/с<sup>2</sup>

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

6.3.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2. Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 (34<sub>-0,1</sub>) В. Включить питание акселерометра и выдерживать в течение 5 мин для диапазонов измерений от  $\pm 5,6$  до  $\pm 22$  м/с<sup>2</sup> и в течение 1 мин для всех остальных диапазонов измерений.



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

Рисунок 2 - Схема для контроля характеристик акселерометра на центрифуге

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

6.3.4 Измерить при напряжении питания (34<sub>-0,1</sub>) В выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=1, i=1, j=1$ ).

6.3.5 Установить при помощи вольтметра PV1 напряжение источника G1 (23<sup>+0,1</sup>) В. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=2, i=1, j=1$ ).

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.5.

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

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

6.3.8 Повернуть приспособление МКНИ.441558.308 на 180 градусов вокруг вертикали, 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 ( $i=1, j=6, \dots, 9$ ).

6.3.9 Установить при помощи вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 ( $34_{-0,1}$ ) В.

Провести измерения выходного напряжения акселерометра,  $U_{uij}$  ( $u=1, i=1, j=9$ ) и выполнить операции по п. 6.3.5 ( $u=2, i=1, j=9$ ).

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

6.3.10 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 ( $i=2, j=9, \dots, 5$ ).

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

6.3.12 Провести измерения, выполняя операции пп. 4.16.4, 4.16.5 ( $u=1, 2 \ i=2, j=1$ ).

Результаты определения ГХ при напряжении питания акселерометра ( $27,0 \pm 0,1$ ) В занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3.

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 А.2.

6.3.13 Обработать результаты испытаний, занесенные в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3, пользуясь формулами (3) – (6) приложения Б.

При этом должна быть учтена относительная погрешность задания ускорения центрифугой  $\xi$ , обусловленная неопределенностью положения центра масс (формулы (10)-(12) приложения Б).

Определить коэффициент преобразования  $K_0$ , коэффициенты  $K_1, K_2$  и среднее квадратическое отклонение нелинейности ГХ  $\sigma_a$  акселерометров с диапазонами измерений -10+50 и от  $\pm 22$  до  $\pm 1400$  м/с<sup>2</sup>.

Определить дисперсию ( $D_u$ ) составляющей основной погрешности и значение составляющей основной погрешности ( $\gamma_u$ ) от изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В, пользуясь формулами (6), (7) приложения Б.

Результаты испытаний считать положительными, если значение  $K_0$  соответствует требованиям таблицы 3, значение  $\sigma_a$  должно быть не более 0,5 % для акселерометров с ЧДИ (0-200), (0-256) Гц, не более 0,2 для остальных диапазонов.

6.4 Определение ГХ акселерометров с диапазонами измерений 0+270; 0+400; 0+800; 0+1200; 0+2000 м/с<sup>2</sup>. Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В акселерометров с диапазонами измерений 0+270; 0+400; 0+800; 0+1200; 0+2000 м/с<sup>2</sup>

6.4.1 Установить акселерометр на установочную плоскость YOZ на платформе градуировочной центрифуги ТЕМП-2 с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.308 стрелкой X от центра вращения.

6.4.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2. Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 ( $34_{-0,1}$ ) В. Включить питание акселерометра и выдерживать в течение 1 мин.



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  $U_{uij}$  ( $u=1, i=1, j=9$ ).

6.4.5 Установить при помощи вольтметра PV1 напряжение источника G1  $(23^{+0,1})$  В. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=2, i=1, j=9$ ).

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

6.4.7 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 ( $i=1, j=9, \dots, 1$ ).

6.4.8. Провести измерения выходного напряжения акселерометра, выполняя операции по пп. 6.4.4, 6.4.5 ( $u=1,2, i=1, j=1$ ). Записать результаты измерений, соответствующие  $u=1,2, i=1, j=1$ , в таблицу дважды ( $u=1, 2, i=2, j=1$ ).

6.4.9 Установить при помощи вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1  $(27,0 \pm 0,1)$  В. Измерить выходное напряжение  $U_{ij}^M$  акселерометра при значениях ускорения, равных 0; 12,5; 25; 37,5; 50; 62,5; 75; 87,5; 100 % от диапазона измерений акселерометра ( $i=2, j=1, \dots, 9$ ).

6.4.10 Установить при помощи вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1  $(34_{-0,1})$  В.

Провести измерения выходного напряжения акселерометра, выполняя операции по пп. 6.4.4, 6.4.5 ( $u=1, 2, i=2, j=9$ ).

Результаты определения ГХ при напряжении питания акселерометра  $(27,0 \pm 0,1)$  В занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3.

Результаты определения ГХ при напряжении питания акселерометров  $(34_{-0,1})$  В и  $(23^{+0,1})$  В занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.2.

6.4.12 Обработать результаты испытаний, занесенные в таблицу, выполненную по форме таблицы А.3, пользуясь формулами (3)-(6) приложения Б без учета относительной погрешности задания ускорения центрифугой  $\xi$ .

Определить дисперсию ( $D_u$ ) составляющей основной погрешности и значение составляющей основной погрешности ( $\gamma_u$ ) от изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В, пользуясь формулами (6), (7) приложения Б.

Результаты испытаний считать положительными, если значение  $K_0$  соответствует требованиям таблицы 3, значение  $\sigma_a$  должно быть не более 0,5 % для акселерометров с ЧДИ (0-200), (0-256) Гц, не более 0,2 для остальных диапазонов.

6.5 Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В акселерометров с диапазонами измерений  $\pm 5,6$  и  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>.

6.5.1 Установить приспособление МКНИ.441558.307 на ОДГ 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  $\pm 1$  деление.

6.5.2 Закрепить акселерометр на приспособлении по п. 6.2.2.

6.5.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

6.5.4 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1  $(34_{-0,1})$  В.

6.5.5 Повернуть шпиндель ОДГ на угол минус  $\alpha$  в соответствии с таблицей 8. Включить питание акселерометра и выдержать во включенном состоянии 5 мин.

6.5.6 Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=1, i=1, j=1$ ).

6.5.7 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1  $(23^{+0,1})$  В. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=2, i=1, j=1$ ).

6.5.8 Повернуть шпиндель ОДГ на угол плюс  $\alpha$  относительно положения п. 6.5.1.

6.5.9 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1  $(34_{-0,1})$  В. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=1, i=1, j=9$ ).

6.5.10 Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источника G1 ( $23^{+0,1}$ ) В. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uij}$  ( $u=2, i=1, j=9$ ).

Записать результаты испытаний по пп. 6.5.9, 6.5.10 в таблицу еще раз ( $u=1, 2, i=2, j=9$ ).

6.5.11 Повернуть шпиндель ОДГ на угол минус  $\alpha$  и провести контроль параметров по пп. 6.5.4, 6.5.6, 6.5.7 ( $u=1, 2, i=2, j=1$ ).

6.5.12 Результаты всех измерений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы А.2.

Определить дисперсию ( $D_u$ ) составляющей основной погрешности и значение составляющей основной погрешности ( $\gamma_u$ ) от изменения напряжения питания в интервале от 23 до 34 В, пользуясь формулами (6), (7) приложения Б.

6.6 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды от минус 65 до 65 °С. Контроль значения случайной составляющей погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды

6.6.1 Установить приспособление МКНИ.441558.307-01 в камеру тепла и холода. Подстыковать его к ОДГ 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  $\pm 1$  деление.

6.6.2 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 ОДГ должны быть нулевыми.

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

6.6.3 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. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 5 мин для диапазона измерений  $\pm 5,6$  м/с<sup>2</sup> и в течение 1 мин для всех остальных диапазонов измерений.

6.6.4 Измерить выходное напряжение акселерометра. Измеренное напряжение должно быть в пределах ( $3,0 \pm 0,3$ ) В. Выключить питание акселерометра.

6.6.5 Установить в камере температуру, равную минус 65 °С и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч в выключенном состоянии.

6.6.6 Отстыковать соединительный кабель СДАИ.685611.090 от пульта.

6.6.7 Состыковать кабель с пультом.

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

6.6.9 Повернуть шпиндель ОДГ на угол  $\alpha$  (значение угла  $\alpha$  см. в таблице 3) по часовой или против часовой стрелки так, чтобы выходное напряжение акселерометра уменьшилось.

Считать этот угол отрицательным. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{ui1}$  ( $j=1$ ).

6.6.10 Повернуть шпиндель ОДГ на угол плюс  $\alpha$  и измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{ui9}$ .

6.6.11 Выполнить операции по пп. 6.6.10, 6.6.11 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 А.5.

6.6.12 Установить в камере температуру плюс 20 °С и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч. Включить питание и выдержать акселерометр включенным в течение 5 мин для диапазона измерений  $\pm 5,6$  м/с<sup>2</sup> и в течение 1 мин для всех остальных диапазонов измерений.

6.6.13 Выполнить операции пп. 6.6.10-6.6.12.

6.6.14 Установить в камере температуру плюс 65 °С ( $u=2$ ) и выдержать в ней акселерометр в выключенном состоянии в течение 1 ч.

6.6.15 Подстыковать соединительный кабель к пульту.

6.6.16 Определить значение случайной составляющей дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды по формулам (13), (14) приложения Б.

Результаты испытания считать положительными, если значение случайной составляющей погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды не более 0,2 % для акселерометров с диапазонами измерений  $\pm 5,6$ ,  $\pm 180$  м/с<sup>2</sup>, не более 0,5 % для акселерометра с диапазоном измерений  $\pm 1400$  м/с<sup>2</sup>

6.7 Контроль основной погрешности

6.7.1 Определить значение основной погрешности  $\gamma_0$  в процентах обработав результаты испытаний по формулам (1)-(7) Приложения Б.

6.7.2 Результаты испытаний считать положительными, если значение допускаемой основной погрешности не более 0,2 %.

## **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 контроля смещения нуля

| Выходное напряжение, $U_i$ , В |     |     |     |
|--------------------------------|-----|-----|-----|
| i=1                            | i=2 | i=3 | i=4 |
|                                |     |     |     |

Таблица А.2 – Результаты испытаний по определению влияния изменения напряжения питания

| 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.3 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений  $-10+50$ , от  $\pm 22$  до  $\pm 1400$  м/с<sup>2</sup>, от  $0+270$  до  $0+2000$  м/с<sup>2</sup>

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

Таблица А.4 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометра с диапазоном измерений от  $\pm 5,6$  до  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>

| 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 температурных испытаний

| Порядковый номер значений температуры, $u$ | Измеряемое ускорение, $X_j$ | Значение температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$ | Выходное напряжение $U_{tu ij}$ , В |            |            |            | $R_{из.}$ , МОм |
|--|-----------------------------|---|-------------------------------------|------------|------------|------------|-----------------|
|  |                             |   | $U_{tu1j}$                          | $U_{tu2j}$ | $U_{tu3j}$ | $U_{tu4j}$ |                 |
| 1  | $-\sin\alpha$               | -65   |                                     |            |            |            |                 |
|  | $+\sin\alpha$               | -65   |                                     |            |            |            |                 |
| 2  | $-\sin\alpha$               | +65   |                                     |            |            |            |                 |
|  | $+\sin\alpha$               | +65   |                                     |            |            |            |                 |
| 3  | $-\sin\alpha$               | +20   |                                     |            |            |            |                 |
|  | $+\sin\alpha$               | +20   |                                     |            |            |            |                 |

# Приложение Б

Таблица оперативной информации к обработке результатов испытаний

| 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 диапазона измерений <math>\pm 5.6</math> и <math>\pm 11</math> м/с<sup>2</sup> в В<sup>2</sup></p> $\sum_{p=1}^2 D_{\text{обр } p} = 2,88 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 2 \cdot 10^{-7} \quad (1)$ <p>для остальных диапазонов измерений в В<sup>2</sup></p> $\sum_{p=1}^2 D_{\text{обр } p} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 0,56 \cdot 10^{-6} \quad (2)$   |
| 5 Указания по определению основной погрешности              | <p>Рассчитать значение основной погрешности акселерометра</p> $\gamma_0 = \frac{2}{N} \sqrt{D_n + D_u + \sum_{p=1}^2 D_{\text{обр } p}} \cdot 100 \quad (3)$ <p>Рассчитать значение дисперсии невоспроизводимости градуировочной характеристики (ГХ), В<sup>2</sup></p> $D_n = \frac{\sum_{j=1}^9 (U_j^M - U_j)^2 + \sum_{j=1}^9 (U_j^B - U_j)^2}{18}, \quad (4)$ <p>Рассчитать и вывести на печать среднюю ГХ, В</p> $U_j = \frac{U_j^M + U_j^B}{2} \quad (5)$ <p>где <math>U_j^B</math> - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны больших значений, В</p> <p><math>U_j^M</math> - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны меньших значений, В</p> <p>Рассчитать значение дисперсии от изменения напряжения питания, В<sup>2</sup></p> $D_u = \sum_{i=1, j=1,9}^{i=2} (U_{1ij} - U_{2ij})^2 / 4 \quad (6)$ <p>Рассчитать значение составляющей основной погрешности в интервале изменения питающего напряжения от 23 до 34 В, %</p> $\gamma_u = \frac{1}{N} \sqrt{D_u} \cdot 100 \quad (7)$ |
| 6 Указания по определению других характеристик              | <p>Рассчитать значение смещения нуля акселерометра по формуле</p> $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^4 U_{0j}}{4} \quad (8)$ <p>Рассчитать значение коэффициента преобразования акселерометра по формуле:</p> $K = \frac{\sum_{j=1}^2 (U_{j1} - U_{j0})}{2 \cdot 9,81294 \cdot \sin \alpha} \quad (9)$  |

| Содержание оперативной информации  | Числовые значения, формулы, указания   |
|--|--|
|  | <p>2 Рассчитать по формуле (10) ГОСТ 92-4279-80 для диапазона измерений <math>\pm 5,6 \text{ м/с}^2</math> коэффициенты полинома, аппроксимирующего ГХ. При этом, <math>a_0 = b_c</math>, <math>a_1 = k_0</math>, <math>a_2 = k_1</math>, <math>a_3 = k_2</math>, где <math>b_c</math> – справочное значение. Для акселерометра с диапазоном измерений <math>\pm 5,6 \text{ м/с}^2</math> <math>X_j = 9,81294 \sin \alpha_j</math></p> <p>3 Повторить операции п. 2 для диапазонов измерений <math>\pm 180</math>, <math>\pm 1400 \text{ м/с}^2</math>, при этом, значение измеряемого ускорения <math>X_j</math> определить по формулам</p> $X_{j(1-4)} = X_u (1 - \xi) \quad (10)$ $X_{j(6-9)} = X_u (1 + \xi), \quad (11)$ <p>где <math>X_u</math> – значение ускорения, воспроизводимого центрифугой</p> $\xi = \frac{1}{4} \left[ \frac{U_9 + U_1 - 2U_5}{U_9 - U_1} + \frac{U_8 + U_2 - 2U_5}{U_8 - U_2} + \right. \\ \left. + \frac{U_7 + U_3 - 2U_5}{U_7 - U_3} + \frac{U_6 + U_4 - 2U_5}{U_6 - U_4} \right] \quad (12)$ |
| 7 Нормирующее значение выходного сигнала   | $N = 6,2$  |
| 8 Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность оценки случайной составляющей погрешности   | $K = 2$  |
| 9 Предельное значение случайной составляющей приведенной дополнительной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды | <p>Рассчитать значение случайной составляющей погрешности <math>\gamma_{(t)}</math>, %, по формуле</p> $\gamma_{(t)} = \frac{2}{N} \sqrt{[D(t, x)]_{\max}} \cdot 100 \quad (13)$ <p>где <math>[D(t, x)]_{\max}</math> – максимальное значение дисперсии <math>D(t, x)_u</math>, в <math>B^2</math>, равной</p> $D(t, x)_u = \frac{\sum_{i=1}^4 (U_{t_{ij}} - U_{t_{ij}})^2}{3}, \quad (14)$ <p>где <math>U_{t_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^4 U_{t_{ij}}}{4}</math>, В</p>  |