

412

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ГЦИ СИ  
"Воентест"

32 ГНИИ МО РФ

В.Н. Храменков

" 11 " 10 2002г.



АКСЕЛЕРОМЕТРЫ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ

ЛИНЕЙНЫЕ АЛЕ 048

Методика поверки

СДАИ.402139.020 МП

СОГЛАСОВАНО  
ВРИО начальника 2452 ПЗ



Ю.И. Вдовин

" 5 " 02 2002г.

Главный метролог –  
зам. директора по качеству

В.Н. Каршаков

В.Н. Каршаков

" 20 " 12 2001г.



## Вводная часть

Настоящая методика распространяется на первичную поверку акселерометров низкочастотных линейных АЛЕ 048, изготовленных в НИИФИ по конструкторской документации СДАИ.402139.020 и содержит перечень и методики определения метрологических характеристик.

Первичная поверка проводится при выпуске акселерометров из производства.

Периодическая поверка в течение гарантийного срока эксплуатации не проводится.

### 1 Операции поверки

1.1 Перечень наименований операций, проводимых при поверке, приведен в таблице 1.

При получении отрицательных результатов при проведении испытаний поверка должна быть прекращена до выяснения причины несоответствия.

Таблица 1 – Перечень операций при проведении поверок

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Определение коэффициентов влияния $K_t$ , $b_t$ и случайной составляющей дополнительной приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды $\gamma_t$	6.3.1	да	нет

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
2 Определение смещения нуля выходного напряжения акселерометров. Определение коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 11$ м/с <sup>2</sup> . Определение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 11$ м/с <sup>2</sup>	6.3.2	да	нет
3 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений $-10+50$ ; $-20+40$ м/с <sup>2</sup> ; от $\pm 22$ до $\pm 220$ м/с <sup>2</sup>	6.3.3	да	нет
4 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений $0+90$ м/с <sup>2</sup>	6.3.4	да	нет
5 Определение основной погрешности	6.3.5	да	нет
6 Контроль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акселерометров	6.3.6	да	нет
7 Контроль фазово-частотной характеристики (ФЧХ) акселерометров	6.3.7	да	нет
8 Контроль виброустойчивости акселерометров с диапазонами измерений $\pm 11$ , $\pm 22$ , $-20+40$ , $-10+50$ м/с <sup>2</sup>	6.3.8	да	нет
9 Контроль виброустойчивости акселерометров с диапазонами измерений $\pm 45$ , $0+90$ , $\pm 90$ , $\pm 180$ , $\pm 220$ м/с <sup>2</sup>	6.3.9	да	нет
10 Контроль вибропрочности акселерометров с диапазонами измерений $\pm 5,6$ и $\pm 6,0$ м/с <sup>2</sup>	6.3.10	да	нет

## 2 Средства поверки

2.1 Перечень основных средств поверки и вспомогательного оборудования приведен в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта	Наименование средства поверки	ГОСТ, ТУ	Погрешность измерения или воспроизведения	Пределы изменения измеряемой или воспроизводимой величины
1	2	3	4	5
1 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Определение коэффициентов влияния $K_t$ , $b_t$ и случайной составляющей приведенной погрешности от изменения температуры окружающей среды $\gamma_t$	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источник питания постоянного тока Б5-49 Климатическая камера 3524/58 Оптическая делительная головка ОДГЭ-5 Пульт П 060 Кабель Приспособление установочное	ТГ2.710.000 ТУ ЕЭЗ.233.029 ТУ - 3-3.199-80 ТУ СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090 МКНИ.441558.124-01	$\pm 0,015 \%$ $\pm 0,46\%$ $\pm 3^{\circ}\text{C}$ $\pm 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ - - -	от минус 0,2 до плюс 6,2 В ( $27 \pm 0,1$ )В $\pm 50^{\circ}\text{C}$ от минус 9,8 до плюс 9,8 $\text{м/с}^2$ - - -
2 Определение смещения нуля выходного напряжения акселерометров. Определение коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$ . Определение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 5,6$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источник питания постоянного тока Б5-49 Оптическая делительная головка ОДГЭ-5 Пульт П 060 Кабель Приспособление установочное	ТГ2.710.000 ТУ ЕЭЗ.233.029 ТУ 3-3.199-80 ТУ СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090 МКНИ.441558.124-01	$\pm 0,015 \%$ $\pm 0,46\%$ $\pm 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ - - -	от минус 0,2 до плюс 6,2 В ( $27 \pm 0,1$ )В от минус 9,8 до плюс 9,8 $\text{м/с}^2$ - - -

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
3 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений $-10+50$ , $-20+40$ , $0+90$ ; от $\pm 22$ до $\pm 220$ м/с <sup>2</sup>	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источник питания постоянного тока Б5-49 Градуировочный комплекс ТЕМП-2 Приспособление установочное Кабель	ТГ2.710.000 ТУ ЕЭ3.233.029 ТУ - МКНИ.441558.123 СДАИ.685611.090	$\pm 0,015$ % $\pm 1$ % 0,02 % - -	от минус 0,2 до плюс 6,2 В ( $27 \pm 0,1$ )В до 220 м/с <sup>2</sup> - -
4 Контроль фазово-частотной характеристики (ФЧХ) акселерометров	Источник питания постоянного тока Б5-49 Генератор сигналов специальной формы Г6-27 Измеритель разности фаз Ф2-34 Пульт П 060 Кабель	ЕЭ3.233.029 ТУ ЕХ2.211.022 ТУ ХВ2.721.057 ТУ СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090	$\pm 1$ % 2 % 0,08+0,1 - -	(27 $\pm$ 0,1) В (27 $\pm$ 0,1)В (2-200)Гц 180 град - -
5 Контроль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акселерометров	Вольтметр универсальный В7-16А Источник питания постоянного тока Б5-49 Генератор сигналов специальной формы Г6-27 Осциллограф универсальный двухканальный С1-82	АТД2.710.000 ТУ ЕЭ3.233.029 ТУ ЕХ2.211.022 ТУ ТГ2.044.003 ТУ	$\pm(0,13-0,46)$ % $\pm 1$ % $\pm 2$ % -	от минус 0,2 до плюс 6,2 В (27 $\pm$ 0,1)В (0,5-2048)Гц -

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Пульт П 060 Кабель	СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090	- -	- -
6. Контроль виброустойчивости и вибропрочности акселерометров	Вольтметр универсальный В7-16А	АТД2.710.000 ТУ	$\pm(0,13-0,46)\%$	от минус 0,2 до плюс 6,2 В (23-34)В
	Источник питания постоянного тока Б5-49	ЕЭЗ.233.029 ТУ	$\pm 1\%$	
	Вибростенд УВЭ 5/1000	-	$\pm 20\%$ $\pm 2$ Гц	300 м/с <sup>2</sup> (20-2000)Гц
	Оптическая делительная головка ОДГЭ-5	З-3.199-80 ТУ	$\pm 4,8 \cdot 10^{-4}$ м/с <sup>2</sup>	от минус 9,8 до плюс 9,8 м/с <sup>2</sup>
	Пульт П 060 Кабель	СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090	- -	- -
	Приспособление установочное для вибростенда	МКНИ.441558.126	-	-
	Приспособление установочное для ОДГЭ-5	МКНИ.441558.124	-	-

Примечания. 1 При проведении поверки допускается замена средств измерений и оборудования другими с равнозначными или более высокими техническими характеристиками.

2 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь документы о поверке, испытательное оборудование – об аттестации.

### 3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки допускаются поверители, имеющие опыт работы с измерительными приборами и эталонами ОДГЭ-5, Темп-2.

### 4 Требования к безопасности

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

4.2 При работе с акселерометром должны быть приняты меры защиты от воздействия статического электричества в соответствии с ОСТ 92-1615-74:

а) корпус акселерометра при всех испытаниях должен быть заземлен через кабель, используемый при испытаниях, и пульт П 060;

б) перед переключением испытательных кабелей к акселерометру с их разъемов должны быть сняты электростатические заряды, для этого на разъем кабеля навернуть короткозамкнутую заглушку, корпус которой соединить с нулевой шиной. Все работы при снятой заглушке проводить только в соединенных с заземляющим устройством, антистатических браслетах.

4.3 Коммутации и подключения, связанные с монтажом схем испытаний, проводить только при выключенном напряжении питания. Перед монтажом схем регуляторы выходных напряжений источника питания постоянного тока и генератора должны быть выведены в крайнее левое положение.

## 5 Условия поверки и подготовка к ней

5.1 Перед проведением поверки поверитель должен изучить настоящую методику.

5.2 Если условия проведения поверки не оговорены особо, поверку проводить в нормальных условиях. В соответствии с ГОСТ 8.395-80 нормальные условия измерения при поверке характеризуются относительной влажностью воздуха от 45 до 80 %, атмосферным давлением от  $8,4 \cdot 10^4$  до  $10,6 \cdot 10^4$  Па (от 630 до 795 мм рт.ст.) и температурой окружающей среды от 18 до 30 °С.

5.3 Все измерения, если нет особых указаний, начинать не ранее чем через 15 с после включения напряжения питания акселерометра.

5.4 Помещения для контроля акселерометров должны соответствовать требованиям, предъявляемым к помещениям 4 класса по ОСТ 92-0069.

5.5 Контроль амплитудно-частотной (АЧХ), фазово-частотной (ФЧХ) характеристик при поверке проводить на рабочих местах, на которых уровень вибрационных ускорений от промышленных установок, оборудования и транспорта не превышает  $0,01 \text{ м/с}^2$ .

5.6. При всех поверочных операциях переключатели пульта П 060 перед началом поверок должны находиться в положениях, соответствующих таблице 3 .

Таблица 3

Наименование переключателя	Положение переключателя
ПИТАНИЕ	ВЫКЛ
АВТОКАЛИБРОВКА	ВЫКЛ
ВЫХ.ИЗМ.	1
ОСТАЛЬНЫЕ	ПРОИЗВОЛЬНОЕ

5.7 Монтаж схем, приведенных в методике поверки, при отсутствии специальных кабелей вести проводом МГШВ ТУ 16-505-437 любого цвета, сечением не менее  $0,12 \text{ мм}^2$ . Длина соединительных проводов не более 1,5 м. Соединительные провода должны оканчиваться однополюсными вилками (штепсель Ш4 ГОСТ 24733).



5.8 Включение и выключение напряжения питания акселерометра в процессе поверки проводить коммутацией тумблера ПИТАНИЕ пульта П 060 в положения ВКЛ и ВЫКЛ соответственно.

## 6 Проведение поверки

### 6.1 Внешний осмотр

6.1.1 Внешним осмотром убедиться в отсутствии на поверхности акселерометра рваных краев, сколов, трещин, вмятин, следов коррозии, раковин, отслоений покрытий и других дефектов, за исключением отдельных царапин и вмятин (точек) глубиной не более 0,04 мм. Наружная поверхность трубки кабельной перемычки должна быть ровной без трещин, пор, пузырей и отслоений.

### 6.2 Опробование

6.2.1 Установить акселерометр на рабочем столе измерительной осью X горизонтально. Точность установки не регламентируется.

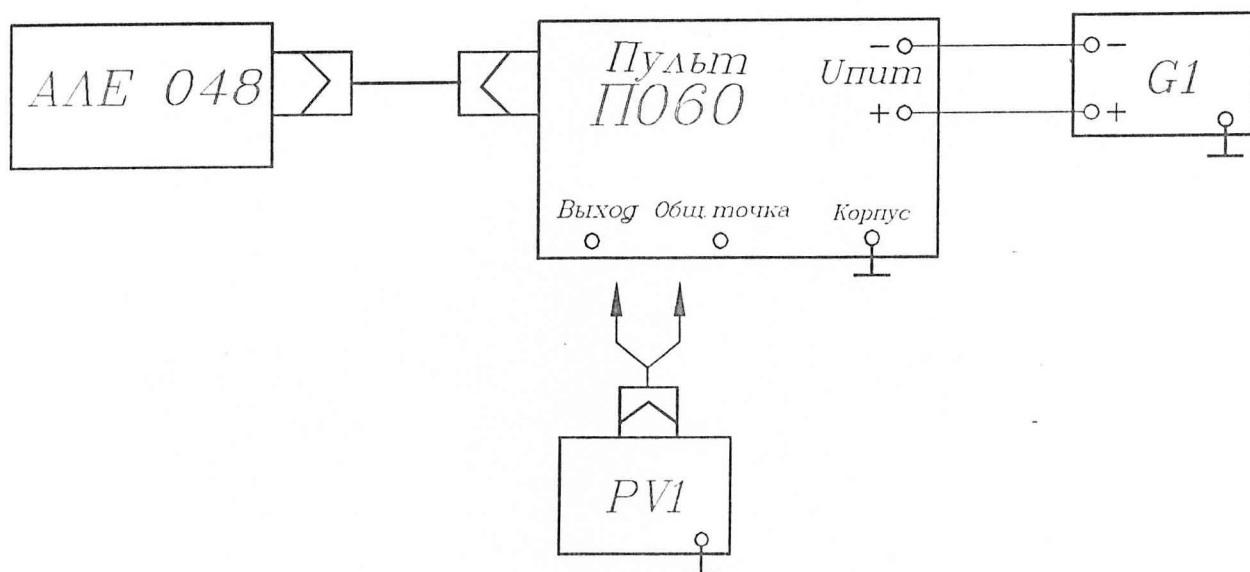
6.2.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источника G1, равным  $(27 \pm 0,1)$  В. Включить питание акселерометра.

6.2.3 Измерить вольтметром PV1 выходное напряжение акселерометра  $U_1$  при установке измерительной осью X горизонтально для диапазонов измерений  $\pm 5,6$  и  $\pm 6,0$  м/с<sup>2</sup> и осью X стрелкой вниз для остальных диапазонов.

6.2.4 Установить акселерометр измерительной осью X стрелкой вверх и измерить выходное напряжение акселерометра  $U_2$  вольтметром PV1.

Акселерометр считается исправным, если разность напряжений  $(U_2 - U_1)$  в В, удовлетворяет условию:

для диапазонов измерений  $\pm 5,6$  и  $\pm 6,0$  м/с<sup>2</sup>



G1 – источник питания постоянного тока Б5-49;

PV1 – вольтметр универсальный цифровой В7-34А.

Рисунок 1 - Схема для контроля характеристик акселерометра

$$|U_2 - U_1| = 9,81 K_0 \pm 0,3;$$

для остальных диапазонов измерений

$$|U_2 - U_1| = 19,62 K_0 \pm 0,3,$$

где  $K_0$  – значение коэффициента преобразования взятое из формуляра.

### 6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Проведение испытаний на воздействие изменений температуры окружающей среды. Определение коэффициентов влияния  $K_t$ ,  $b_t$  и случайной составляющей приведенной погрешности в интервале изменения температуры окружающей среды  $\gamma_t$

6.3.1.1 Установить приспособление МКНИ.441558.124-01 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 9392-89 так, чтобы пузырек уровня был на середине ампулы с точностью  $\pm 1$  деление.

6.3.1.2 Закрепить акселерометр за установочную плоскость YOZ на приспособлении так, чтобы при горизонтальном положении приспособления измерительная ось X была направлена стрелкой вверх, а ось Y находилась в горизонтальной плоскости и направлена вдоль продольной оси приспособления. Повернуть шпиндель оптической делительной головки на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГЭ-5 должны быть нулевыми.

6.3.1.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источника G1, равным  $(27 \pm 0,1)$  В. Включить питание акселерометра.

6.3.1.4 Измерить выходное напряжение акселерометра. Измеренное напряжение не должно выходить за пределы  $(3,0 \pm 0,3)$  В для диапазонов измерений  $\pm 5,6$ ;  $\pm 6,0$ ;  $\pm 11$ ;  $\pm 22$ ;  $\pm 45$ ;  $\pm 90$ ;  $\pm 180$ ;  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup>,  $(0 \pm 0,3)$  В для диапазона

$0+90 \text{ м/с}^2$  ,  $(2,150 \pm 0,15) \text{ В}$  для диапазона  $-20+40 \text{ м/с}^2$  и  $(1,000 \pm 0,150) \text{ В}$  для диапазона измерений  $-10+50 \text{ м/с}^2$ .

6.3.1.5 Выключить питание акселерометра. Установить в камере температуру, равную минус  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $u = 1$ ) и выдержать в ней акселерометр в течение 2 ч в выключенном состоянии.

6.3.1.6 Включить питание акселерометра. Прогреть его в течение 15 с.

6.3.1.7 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол  $\alpha$  (значение угла  $\alpha$  должно соответствовать требованиям таблицы 4) по часовой или против часовой стрелки так, чтобы выходное напряжение акселерометра уменьшилось относительно напряжения, измеренного в пункте 6.3.1.4. Для акселерометров с диапазоном измерения  $0+90 \text{ м/с}^2$  данную операцию не проводить.

Считать этот угол отрицательным. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{t_{ii1}}$ .

6.3.1.8 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол плюс  $\alpha$  относительно положения по пункту 6.3.1.2 и измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{t_{ii9}}$ .

6.3.1.9 Снять градуировочную характеристику (ГХ) акселерометра по пунктам 6.3.1.7, 6.3.1.8 еще 3 раза.

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

Таблица 4 – Значение углов наклона измерительной оси к горизонтали при определении диапазонов изменения выходного напряжения и снятия ГХ акселерометров

Диапазон измерений, $m/c^2$	Углы наклона оси X при снятии ГХ, $\alpha_j$ , град.		Синус угла $\sin\alpha_j$	Косинус угла $\cos\alpha_j$
$\pm 5,6$	35	$\alpha$	0,57358	0,81915
	27	$\alpha_1$	0,45399	0,89101
	18	$\alpha_2$	0,30901	0,95106
	9	$\alpha_3$	0,15643	0,98769
	0	$\alpha_4$	0	1,000000
$\pm 6,0$	38	$\alpha$	0,61566	0,78801
	27	$\alpha_1$	0,45399	0,89101
	18	$\alpha_2$	0,30901	0,95106
	9	$\alpha_3$	0,15643	0,98769
	0	$\alpha_4$	0	1,00000
$\pm 11$	90	$\alpha$	1,00000	0
	45	$\alpha_1$	0,70711	0,70711
	30	$\alpha_2$	0,50000	0,86603
	15	$\alpha_3$	0,25882	0,96593
	0	$\alpha_4$	0	1,000000
$\pm 22, -10+50, -20+40, \pm 45, \pm 90, \pm 180, \pm 220$	90	$\alpha$	1,00000	0
	0	$\alpha_4$	0	1,00000
0+90	90	$\alpha$	1,00000	0
	0	$\alpha_0$	0	1,00000

6.3.1.10 Установить в камере температуру плюс  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $n = 3$ ) и выдержать в ней акселерометр в выключенном состоянии в течение 2 ч.

6.3.1.11 Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии 15 с. Повторить операции пунктов 6.3.1.7 – 6.3.1.9.

6.3.1.12 Повернуть шпindel делительной головки так, чтобы на лимбах были нулевые показания. Измерить выходное напряжение  $U_{0i}$ . ( $i = 1$ ). Повернуть шпindel ОДГЭ-5 на 180 градусов и вновь измерить выходное напряжение  $U_{0i}$ . ( $i = 2$ ).

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

6.3.1.13 Установить в камере температуру плюс 50 °С ( $u = 2$ ) и выдержать в ней акселерометр в выключенном состоянии в течение 2 ч. Включить питание акселерометра и прогреть его в течение 15 с.

6.3.1.14 Снять 4 раза ГХ прямого хода по методам пунктов 6.3.1.7, 6.3.1.8. Повернуть шпиндель ОДГЭ-5 в положение, соответствующее нулевым показаниям лимбов. Выключить питание акселерометра.

Результаты температурных испытаний для 1-й и 9-й точек ГХ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты температурных испытаний

Порядковый номер значений температуры, $u$	Измеряемое ускорение, $x_j$	Значение температуры окружающей среды, °С	Выходное напряжение, $U_{tu ij}$ , В			
			$U_{tu1j}$	$U_{tu2j}$	$U_{tu3j}$	$U_{tu4j}$
1	$-\sin \alpha$	-50				
	$\sin \alpha$	-50				
2	$-\sin \alpha$	+50				
	$\sin \alpha$	+50				
3	$-\sin \alpha$	+20				
	$\sin \alpha$	+20				

Результаты измерений по пункту 6.3.1.12 занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 6.

Таблица 6 - Результаты определения смещения нуля

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

Обработать результаты испытаний при температурах минус 50 и плюс 50 °С по формулам (22) – (26) таблицы 17.

6.3.2 Определение смещения нуля выходного напряжения акселерометров. Определение коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от  $\pm 5,6$  до  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>. Определение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от  $\pm 5,6$  до  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>

6.3.2.1 Подготовить рабочее место к работе по пунктам 6.3.1.1 – 6.3.1.4.

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

6.3.2.3 Повернуть шпindel головки на угол 180 градусов и измерить выходное напряжение  $U_{02}$ . Определить  $U_0$  по формуле

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

6.3.2.4 Поворачивая шпindel головки в ту или другую сторону, найти такое положение, чтобы показания вольтметра соответствовали значению  $U_0$ , определенному в пункте 6.3.2.3. Зафиксировать угол  $\alpha_0$ .

6.3.2.5 Поворачивая шпindel головки на угол минус  $(\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \alpha_4$ , плюс  $(\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha)$  относительно  $\alpha_0$  и измерить выходные напряжения  $U_{ij}^M$  ( $i=1, j=1, \dots, 9$ ), соответствующие 1, ..., 9 точкам прямого хода.

6.3.2.6 Поворачивая шпindel головки от угла плюс  $\alpha$  до угла минус  $\alpha$ , измерить выходные напряжения  $U_{ij}^B, \dots, U_{i1}^B$  ( $i=1, j=9, \dots, 1$ ), соответствующие 9, ..., 1 точкам обратного хода ГХ.

6.3.2.7 Снять ГХ акселерометра по пунктам 6.3.2.5, 6.3.2.6 еще один раз ( $i=2$ ).

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 7.

Таблица 7 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от  $\pm 5,6$  до  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup>

Порядковый номер точки градуировки, j	Измеряемое ускорение, X <sub>j</sub>	Выходное напряжение U <sub>ij</sub> <sup>M</sup> и U <sub>ij</sub> <sup>B</sup> , В			
		i=1		i=2	
		U <sub>ij</sub> <sup>M</sup>	U <sub>ij</sub> <sup>B</sup>	U <sub>ij</sub> <sup>M</sup>	U <sub>ij</sub> <sup>B</sup>
1	-sin α				
2	-sin α <sub>1</sub>				
3	-sin α <sub>2</sub>				
4	-sin α <sub>3</sub>				
5	sin α <sub>4</sub>				
6	sin α <sub>3</sub>				
7	sin α <sub>2</sub>				
8	sin α <sub>1</sub>				
9	sin α				

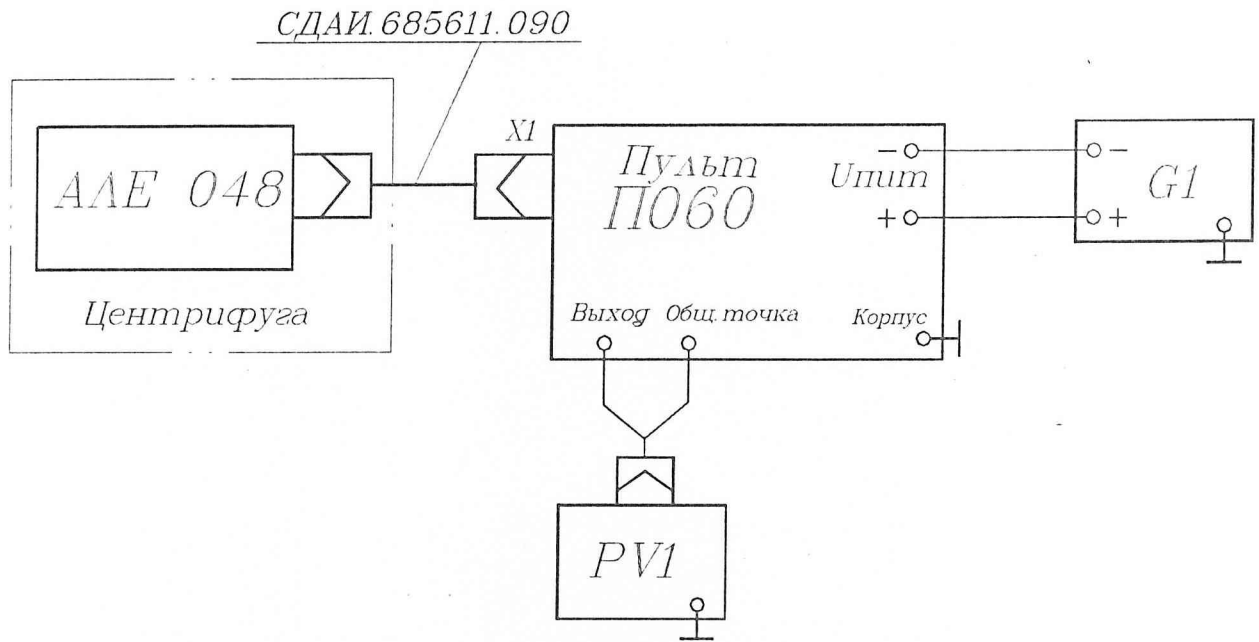
6.3.2.8 Обработать результаты испытаний по пунктам 6.3.2.1 – 6.3.2.7 и при температуре 20 °С по пунктам 6.3.1.10 – 6.3.1.14 в соответствии с ОСТ 92-4279-80 по формулам ( 8 ) – ( 10 ), (16), (18) таблицы 17.

6.3.3 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений  $-10+50$ ;  $-20+40$ ; от  $\pm 22$  до  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup>

6.3.3.1 Установить акселерометр на установочную плоскость YOZ на платформе градуировочной центрифуги ТЕМП 2 с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.123 осью X стрелкой "↑" от центра вращения, что соответствует заданию отрицательных ускорений.

6.3.3.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.





- G1 – источник питания постоянного тока Б5-49;  
 PV1 – вольтметр универсальный цифровой В7-34А;  
 РА1 – комбинированный прибор Ц-4353.

Рисунок 2 – Схема для контроля характеристик акселерометра  
 на центрифуге

6.3.3.3 Установить выходное напряжение источника G1 равным  $(27,0 \pm 0,1)$  В.

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

6.3.3.5 Повернуть приспособление МКНИ.441558.123 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 ( $i=1, j=6, \dots, 9$ ).

6.3.3.6 Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра при значениях ускорения, равных 100, 75, 50, 25, 0 %  $U_{ij}^B$  от диапазона измерений ( $i=1, j=9, \dots, 5$ ).

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

6.3.3.8 Провести измерения, выполняя операции пунктов 6.3.3.4 - 6.3.3.7 ( $i=2$ ).

Результаты определения ГХ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.

6.3.3.9 Обработать результаты испытаний по формулам (5) – (7), (11), (12), (17), (18) таблицы 17.

При этом должна быть учтена относительная погрешность задания ускорения центрифугой  $\xi$ , обусловленная неопределенностью положения центра масс (формулы (13) – (15) таблицы 17.

Подсчитать значения измеряемого ускорения в 1-й – 4-й, 6-й – 9-й точках градуировки.

Определить коэффициент преобразования  $K_0$  и погрешность аппроксимации ГХ  $\sigma_a$  акселерометров с диапазонами измерений -10+50; -20+40; от  $\pm 22$  до  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup>.

Значения  $K_0$  должны соответствовать требованиям таблицы 16,  $\sigma_a$  должна быть более 0,1 %.

Таблица 8 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений  $-10+50$ ;  $-20+40$ ; от  $\pm 22$  до  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup>

Порядковый номер точки градуировки, j	Задаваемое ускорение, X <sub>из</sub> , м/с <sup>2</sup>	Выходное напряжение U <sub>ij</sub> <sup>M</sup> и U <sub>ij</sub> <sup>B</sup> , В			
		i=1		i=2	
		U <sub>ij</sub> <sup>M</sup>	U <sub>ij</sub> <sup>B</sup>	U <sub>ij</sub> <sup>M</sup>	U <sub>ij</sub> <sup>B</sup>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

6.3.4 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазоном измерений  $0+90$  м/с<sup>2</sup>

6.3.4.1 Установить акселерометр на установочную плоскость YOZ на платформе градуировочной центрифуги ТЕМП 2 с помощью установочного приспособления МКНИ.441558.123 осью X стрелкой к центру вращения.

6.3.4.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

6.3.4.3 Установить выходное напряжение источника G1 равным  $(27 \pm 0,1)$  В.

6.3.4.4 Измерить выходное напряжение акселерометра U<sub>ij</sub><sup>B</sup> при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 90, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0 м/с<sup>2</sup> (i=1, j=9, ..., 1).

6.3.4.5 Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{ij}^M$  при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 90 м/с<sup>2</sup> ( $i=2, j=1, \dots, 9$ ).

6.3.4.6 Повторить измерения по пунктам 6.3.4.4, 6.3.4.5 еще 1 раз ( $i=3, 4$ ).

Результаты всех измерений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.

6.3.4.7 Определить коэффициент преобразования  $K_0$  и погрешность аппроксимации ГХ  $\sigma_a$ .

Значение  $K_0$  должно соответствовать требованиям таблицы 18, значение  $\sigma_a$  не должно быть более 0,1 %.

### 6.3.5 Определение основной погрешности

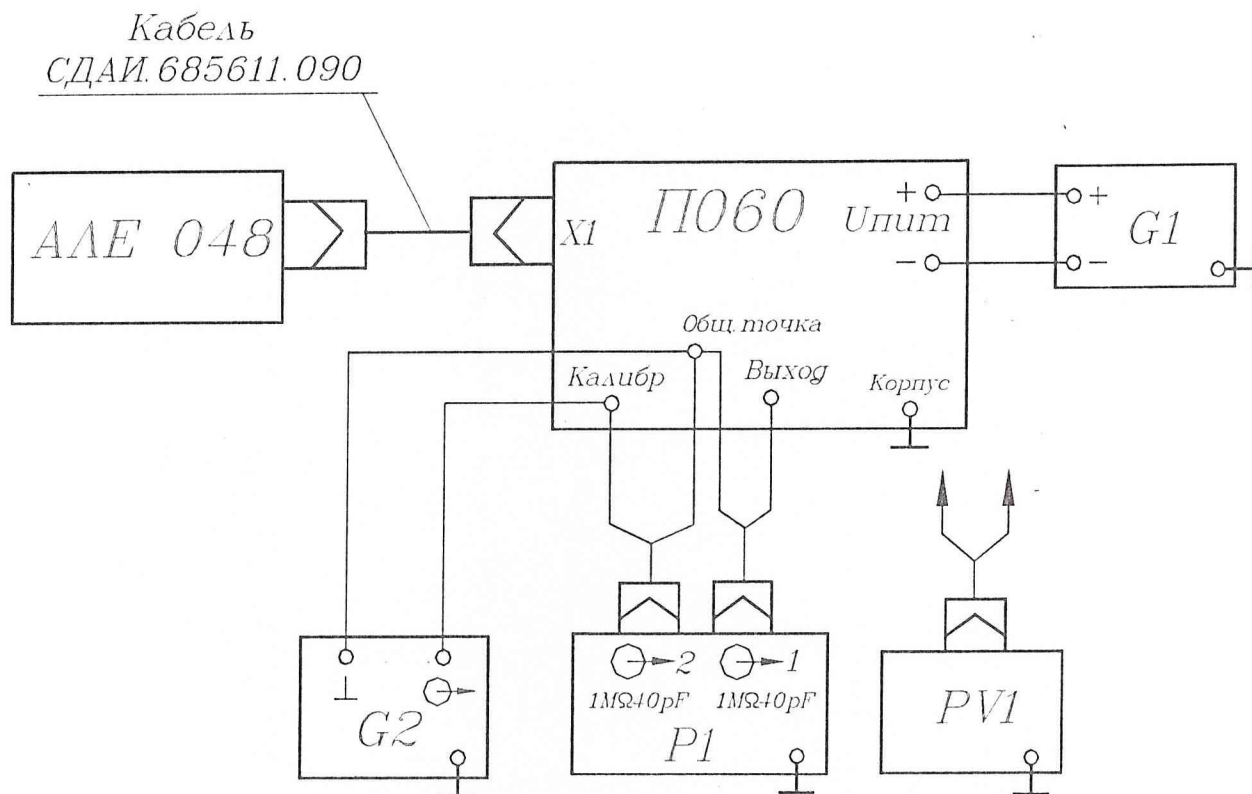
6.3.5.1 Определить значение основной погрешности  $\gamma_0^\circ$ , % по формулам (1) – (7) таблицы 17.

Значение  $\gamma_0^\circ$  должно быть не более 0,2 %.

6.3.6 Контроль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акселерометров

6.3.6.1 Установить акселерометр с диапазоном измерений  $\pm 5,6; \pm 6,0$  м/с<sup>2</sup> на рабочем столе измерительной осью X горизонтально, с диапазоном  $\pm 11$  м/с<sup>2</sup> и более измерительной осью X стрелкой вниз.

Собрать схему в соответствии с рисунком 3. Установить выходное напряжение источника G1, равным  $(27 \pm 0,1)$  В. Выходное напряжение акселерометров с диапазонами измерений от  $\pm 5,6$  до  $\pm 90; -10+50; -20+40$  м/с<sup>2</sup> контролировать осциллографом P1, с диапазонами измерений от  $\pm 180$  до  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup> – вольтметром PV1 в режиме измерения переменного тока.



G1 – источник питания постоянного тока Б5-49;

G2 – генератор сигналов специальной формы Г6-27;

PV1 – вольтметр универсальный В7-16А;

P1 – осциллограф универсальный двухканальный С1-82.

Рисунок 3 – Схема для определения АЧХ

6.3.6.2 Установить переключатели генератора G2 в следующие положения:  $\Theta \rightarrow$  - "3", ЧАСТОТА  $H_z$  - "5", МНОЖИТЕЛЬ - " $10^{-1}$ ".

6.3.6.3 Включить питание акселерометра.

6.3.6.4 Контролируя выходное напряжение акселерометра, отрегулировать чувствительность осциллографа так, чтобы двойной размах выходного напряжения занимал на его экране 60 мм. Для диапазонов измерений от  $\pm 22$  до  $100 \text{ м/с}^2$  допускается уменьшение величины двойного размаха до 30 мм. При необходимости нужного размаха можно добиться увеличением выходного напряжения генератора G2 при условии, что при этом не наблюдается искажение формы и ограничение выходного напряжения акселерометра. В дальнейшем необходимо поддерживать амплитуду выходного напряжения генератора G2 постоянной, контролируя ее осциллографом P1.

6.3.6.5 Последовательно устанавливая значения частоты генератора G2, равные указанным в таблице 9, на каждой из частот проводить измерение выходного напряжения.

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 10.

6.3.6.6 Подсчитать параметры АЧХ по формулам (27) – (31) таблицы 17.

Значение  $\sigma_f$  не должно быть более 2%, для исполнений -12; -13; -14; -16; -19; -20; -21; -23; -25; -27 – (-43); -48; -49 – не более 5 %

Скорость затухания АЧХ  $V$  должна быть не менее 6 дБ/окт.

Наибольшее допускаемое отклонение амплитуды выходного напряжения при наибольшем значении частоты ЧДИ от амплитуды на частоте 0,5 Гц (16 Гц для диапазонов измерений  $\pm 180$  и  $\pm 220 \text{ м/с}^2$ )  $\Delta f$  должно быть не более  $\pm 5$  %; для исполнений -12 – (-14); -16; -19; -20; -21; -23; -25; -27; -30 – (-33); -36 – (-43); -48; -49 не более  $\pm 10$  %; для исполнений -34; -35 не более минус 20 %

Таблица 9

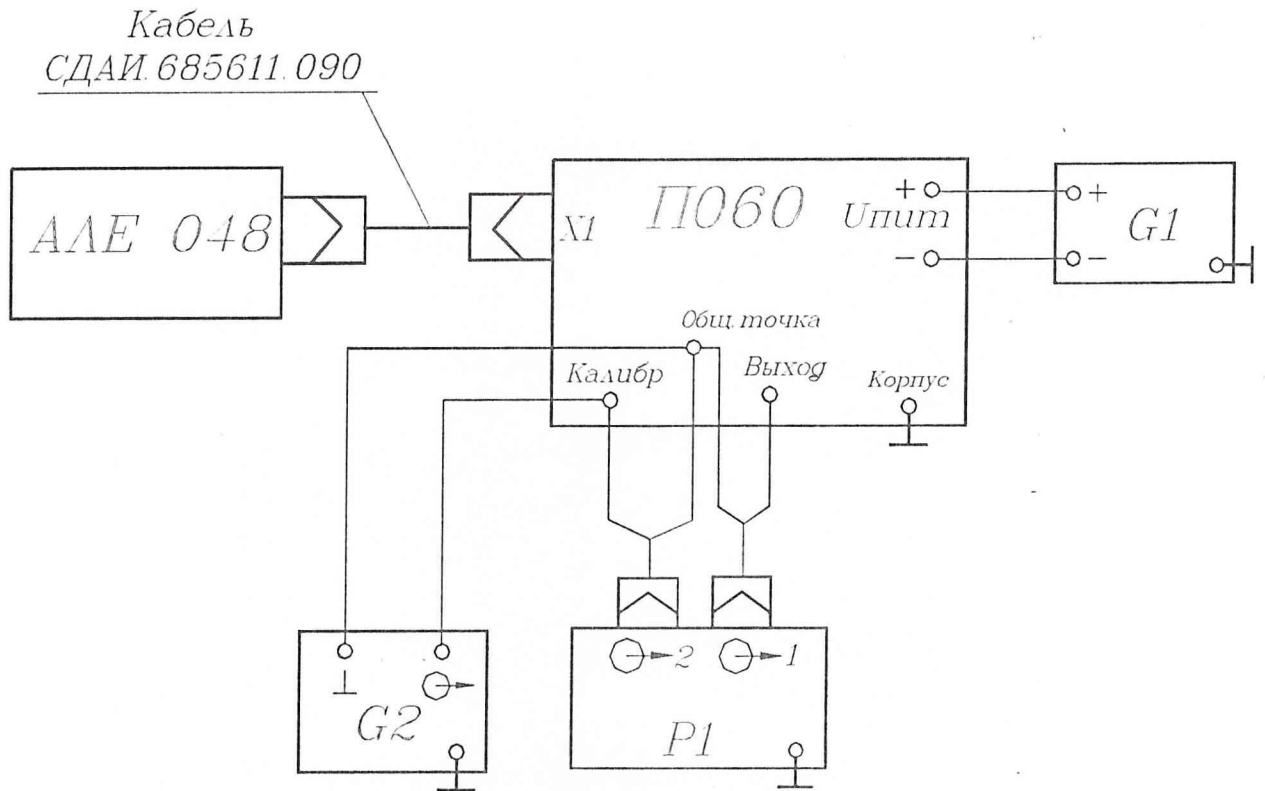
ЧДИ, Гц	Частота изменения выходного напряжения генератора, Гц
0 – 8	0,5; 1; 2; 4; 5; 6; 7; 8; 16; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048
0 – 16	0,5; 1; 2; 4; 8; 12; 14; 16; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048
0 – 32	0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 24; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048
0 – 64 0 - 128	0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048
0 – 128 (для диа- пазона $\pm 180$ м/с <sup>2</sup> )	16; 20; 24; 32; 48; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048
0 – 200 (для диа- пазона $\pm 220$ м/с <sup>2</sup> )	16; 20; 24; 32; 48; 64; 128; 200; 256; 512; 1024; 2048
0 – 32 (для диапа- зона $\pm 180$ м/с <sup>2</sup> )	16; 18; 20; 22; 24; 28; 30; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048

Таблица 10 – Результаты контроля АЧХ

Номер прибора и диапазон измерений	Выходное напряжение акселерометра, мм (В)
Частота изменения выходного напряжения генератора, Гц	
0,5	
1	
2	
4	
5	
6	
7	
8	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
28	
30	
32	
48	
64	
128	
200	
256	
512	
1024	
2048	







G1 – источник питания постоянного тока Б5-49;

G2 – генератор сигналов специальной формы Г6-27;

P1 – измеритель разности фаз Ф2-34.

Рисунок 4 – Схема для определения ФЧХ

6.3.7.6 Значение угла фазового запаздывания при наибольшем значении частоты ЧДИ  $\varphi_{гр}$  не должно быть более 90 градусов. Для исполнений -12; -13; -14; -16; -19 – (-21); -23; -25; -27; -30 – (-43); -48; -49 фазовое запаздывание не должно быть более 180 градусов.

6.3.8 Контроль виброустойчивости акселерометров с диапазонами измерений  $\pm 11$ ;  $\pm 22$ ;  $-20+40$ ;  $-10+50$  м/с<sup>2</sup>

6.3.8.1 Установить акселерометр на столе вибростенда осью Y вертикально стрелкой вверх с помощью приспособления МКНИ.441558.126.

6.3.8.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Подключение акселерометра к пульту осуществить через кабель СДАИ.685611.090. Установить выходное напряжение источника G1, равным (34<sub>0,1</sub>) В. Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 15 с.

6.3.8.3 Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{uj}$ . Оно должно соответствовать (3,0 $\pm$ 0,3) В для диапазонов измерений  $\pm 11$ ;  $\pm 22$  м/с<sup>2</sup>; (2,15 $\pm$ 0,15) В для диапазона измерений  $-20+40$  м/с<sup>2</sup> и (1,000 $\pm$ 0,150) В для диапазона измерений  $-10+50$  м/с<sup>2</sup>.

Здесь  $u$  – индекс положения акселерометра,  $j$  – порядковый номер измерения. Для положения акселерометра по пункту 6.3.8.1  $u=1$ ,  $j=1$ .

6.3.8.4 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорений с параметрами, указанными в таблице 12 (по фиксированным точкам) ( $j=2, \dots, 17$ ).

Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{1j}$  при каждом фиксированном значении частоты виброускорений. Допускается увеличение времени воздействия виброускорения до времени, необходимого для измерения выходного напряжения акселерометра. Выключить питание акселерометра.

Таблица 12

№ п/п	Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с <sup>2</sup>	Время воздействия ускорения, с
1	0	0	0
2	20	15	15
3	30	25	15
4	50	34	15
5	70	50	15
6	100	60	15
7	150	80	15
8	200	100	15
9	350	125	15
10	500	150	15
11	650	170	15
12	800	180	15
13	1000	200	15
14	1250	240	15
15	1500	260	15
16	1750	280	15
17	2000	300	15

6.3.8.5 Повернуть акселерометр на приспособлении на 90 градусов вокруг оси X ( $\alpha=2$ ). Включить питание. Измерить выходное напряжение акселерометра по пункту 6.3.8.3.

6.3.8.6 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорения по пункту 6.3.8.4. Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{2j}$  при каждом фиксированном значении частоты виброускорения.

6.3.8.7 Занести результаты всех испытаний в таблицу, выполненную по форме таблицы 13. Обработать результаты испытаний по формулам (33), (35), (32) таблицы 17.

При расчете дисперсии  $D_b$  не учитывать значения  $\Delta U_{uj}$ , превышающие  $\pm 0,15$  В в интервале частот от 350 до 2000 Гц.

Значение дополнительной приведенной погрешности  $\gamma_b$  не должно превышать 0,5 %.

Таблица 13 – Результаты контроля виброустойчивости акселерометров  
с диапазонами измерений  $\pm 11$ ;  $\pm 22$ ,  $-10+50$ ;  $-20+40$  м/с<sup>2</sup>

№ п/п	$f_j$ , Гц	$A$ , м/с <sup>2</sup>	$t$ , с	$U_{цj}$ при воздействии виброускорения по оси Y	$U_{цj}$ при воздействии виброускорения по оси Z
1	0	0	-		
2	20	15	15		
3	30	25	15		
4	50	34	15		
5	70	50	15		
6	100	60	15		
7	150	80	15		
8	200	100	15		
9	350	125	15		
10	500	150	15		
11	650	170	15		
12	800	180	15		
13	1000	200	15		
14	1250	240	15		
15	1500	260	15		
16	1750	280	15		
17	2000	300	15		

6.3.9 Контроль вибропрочности акселерометров с диапазоном измерений  $\pm 45$ ;  $0+90$ ;  $\pm 90$ ;  $\pm 180$ ,  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup>

6.3.9.1 Подготовить акселерометр к воздействию виброускорения по пунктам 6.3.8.1, 6.3.8.2.

6.3.9.2 Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{цj}$ . Оно должно соответствовать  $(3\pm 0,3)$  В для диапазонов  $\pm 45$ ;  $\pm 90$ ;  $\pm 180$ ;  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup> и  $(0\pm 0,3)$  В для диапазона  $0+90$  м/с<sup>2</sup>.

6.3.9.3 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорения по пунктам 6.3.8.4 – 6.3.8.6.

6.3.9.4 Установить акселерометр на вибростенде осью X вертикально стрелкой вверх ( $u=3$ ). Измерить выходное напряжение акселерометра (оно должно находиться в пределах от 3,1 до 3,9 В для диапазона измерений  $\pm 45 \text{ м/с}^2$ , от 0,1 до 0,9 В для диапазона измерений  $0+90 \text{ м/с}^2$ , от 2,95 до 3,6 В – для диапазона измерений  $\pm 90 \text{ м/с}^2$ , от 2,825 до 3,425 для диапазона измерений  $\pm 180 \text{ м/с}^2$  и от 2,815 до 3,415 для диапазона измерений  $\pm 220 \text{ м/с}^2$ ) и подвергнуть акселерометр воздействию виброускорений по пункту 6.3.8.4.

6.3.9.5 Занести результаты всех испытаний в таблицу, выполненную по форме таблицы 14. Обработать результаты испытаний по формулам (33), (34), (32) таблицы 17.

При расчете дисперсии  $D_b$  не учитывать значения  $\Delta U_{ij}$ , превышающие  $\pm 0,15 \text{ В}$  в интервале частот от 350 до 2000 Гц при воздействии виброускорения по осям Y и Z акселерометра, и в интервале частот от 150 до 1250 Гц при воздействии виброускорения по оси X акселерометра.

Значение дополнительной приведенной погрешности  $\gamma_b^0$  не должно превышать 0,5 %.

Таблица 14 – Результаты контроля виброустойчивости акселерометров с диапазонами измерений  $\pm 45$ ;  $0+90$ ;  $\pm 90$ ;  $\pm 180$ ;  $\pm 220$  м/с<sup>2</sup>

№ п/п	$f_j$ , Гц	$A_{j2}$ , м/с <sup>2</sup>	$t$ , с	$U_{ij}$ при воздействии виброускорения по оси Y	$U_{ij}$ при воздействии виброускорения по оси Z	$U_{ij}$ при воздействии виброускорения по оси X
1	0	0	-			
2	20	15	15			
3	30	25	15			
4	50	34	15			
5	70	50	15			
6	100	60	15			
7	150	80	15			
8	200	100	15			
9	350	125	15			
10	500	150	15			
11	650	170	15			
12	800	180	15			
13	1000	200	15			
14	1250	240	15			
15	1500	260	15			
16	1750	280	15			
17	2000	300	15			

6.3.10 Контроль вибропрочности акселерометра с диапазонами измерений  $\pm 5,6$  и  $\pm 6,0$  м/с<sup>2</sup>

6.3.10.1 Установить приспособление МКНИ.441558.124 на оптической делительной головке ОДГЭ-5 и выставить его в горизонт в двух направлениях при помощи уровня брускового 200 – 0,05 ГОСТ 9392-89 так, чтобы пузырек уровня был на середине ампулы с точностью  $\pm 1$  деление.

6.3.10.2 Закрепить акселерометр за установочную плоскость YOZ на приспособлении так, чтобы при горизонтальном положении приспособления измерительная ось X была направлена стрелкой вверх, а ось Y находилась в горизонтальной плоскости и направлена вдоль продольной оси приспособления. Повернуть шпиндель оптической делительной головки на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГЭ-5 должны быть нулевыми.

6.3.10.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источника G1, равным  $(27 \pm 0,1)$  В. Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 15 с.

6.3.10.4 Измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{ij1}$ . Здесь  $i$  – номер цикла измерения ( $i=1$ ),  $j$  – порядковый номер контроля начального уровня ( $j=1$ ).

6.3.10.5 Повернуть шпиндель оптической делительной головки ОДГЭ-5 на 180 градусов и измерить выходное напряжение акселерометра  $U_{ij2}$  ( $i=1, j=1$ ). Повернуть шпиндель головки на 180 градусов в обратную сторону и повторить операции пунктов 6.3.10.4, 6.3.10.5 ( $U_{ij1}, U_{ij2}, i=2, j=1$ ).

6.3.10.6 Установить акселерометр на вибростенд при помощи приспособления МКНИ.441558.126 измерительной осью X вертикально стрелкой вверх. Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить напряжение на источнике G1, равным  $(34_{-0,1})$  В. Включить акселерометр.

6.3.10.7 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорений с параметрами, соответствующими таблице 15. Снять акселерометр с вибростенда.

6.3.10.8 Установить акселерометр на делительной головке по пункту 6.3.10.2 и определить выходные напряжения  $U_{ij1}, U_{ij2}$  по пунктам 6.3.10.4, 6.3.10.5 ( $j=2, i=1, 2$ ).

6.3.10.9 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорений с параметрами, соответствующими таблице 15 при установке его на вибростенд осью Y вертикально.

6.3.10.10 Установить акселерометр на делительной головке по пункту 6.3.10.2 и определить выходные напряжения  $U_{ij1}, U_{ij2}$  по пунктам 6.3.10.4, 6.3.10.5 ( $j=3, i=1, 2$ ).

6.3.10.11 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорений с параметрами, соответствующими таблице 15 при установке его на вибростенд осью Z вертикально.

6.3.10.12 Установить акселерометр на делительной головке по пункту 6.3.10.2 и определить выходные напряжения  $U_{ij1}$ ,  $U_{ij2}$  по пунктам 6.3.10.4, 6.3.10.5 ( $j=4$ ,  $i=1, 2$ ).

6.3.10.13 Занести результаты всех испытаний в таблицу, выполненную по форме таблицы 16. Обработать результаты испытаний по формулам (36) – (39) таблицы 17. Значение дополнительной приведенной погрешности  $\gamma_b^{\circ}$  должно быть не более 0,5 %.

Таблица 16 – Результаты контроля вибропрочности акселерометров  
с диапазонами измерений  $\pm 5,6$ ;  $\pm 6,0$  м/с<sup>2</sup>

Порядковый номер измерения, j	Положение осей акселерометра относительно плоскости вибростенда	Выходное напряжение, В			
		i = 1		i = 2	
		$U_{1j}$	$U_{2j}$	$U_{1j}$	$U_{2j}$
1	-				
2	X↑				
3	Y↑				
4	Z↑				



## 7 Обработка результатов измерений

7.1 Обработку результатов измерения проводят на ЭВМ, пользуясь таблицей 17.

Таблица 17 – Таблица оперативной информации к обработке результатов поверки

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
Степень полинома	$l = 1$
Нормирующее значение выходного сигнала	$N = 6$
Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность	$K = 2$
Суммарная дисперсия, обусловленная средствами градуировки	<p>для диапазонов измерений <math>\pm 5,6</math>; <math>\pm 6,0</math> и <math>\pm 11</math> м/с<sup>2</sup> в В<sup>2</sup></p> $\sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho} = 2,88 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 2 \cdot 10^{-7} \quad (1)$ <p>для диапазонов измерений <math>-10+50</math>; <math>-20+40</math>, от <math>\pm 22</math> до <math>\pm 220</math> м/с<sup>2</sup> в В<sup>2</sup></p> $\sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 0,56 \cdot 10^{-6} \quad (2)$
Указания по определению основной погрешности	<p>Подсчитать и вывести на печать значение основной погрешности акселерометра</p> $\gamma_0 = \frac{2}{N} \sqrt{D_n + \sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho}} \cdot 100 \quad (3)$ <p>Подсчитать значение дисперсии невоспроизводимости градуировочной характеристики, В<sup>2</sup></p> $D_n = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 \frac{\sum_{i=1}^2 (U_{ij}^M - U_j^M)^2 + \sum_{i=1}^2 (U_{ij}^B - U_j^B)^2}{3} \quad (4)$ <p>где <math>U_j^M</math> - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны меньших значений, В</p>

## Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	$U_j^M = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^M}{2} \quad (5)$ <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> $U_j^B = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^B}{2} \quad (6)$ <p>Подсчитать и вывести на печать среднюю градуировочную характеристику преобразования, В</p> $U_j = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^M + \sum_{i=1}^2 U_{ij}^B}{4} \quad (7)$
Указания по определению и выводу на печать других характеристик	<p>Подсчитать значение смещения нуля <math>b_0</math>, В, для диапазонов измерений от <math>\pm 5,6</math> до <math>\pm 11</math> м/с<sup>2</sup> (<math>j=1, \dots, 9</math>)</p> $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^9 U_j}{9} \quad (8)$ <p>Подсчитать и вывести на печать значение смещения нуля акселерометра по формуле</p> $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^4 U_{0j}}{4} \quad (9)$ <p>Подсчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования <math>K_0</math>, В·с<sup>2</sup>/м, для диапазонов измерений от <math>\pm 5,6</math> до <math>\pm 11</math> м/с<sup>2</sup></p> $K_0 = \frac{\sum_{j=1}^9 U_j X_j}{\sum_{j=1}^9 X_j^2} \cdot \frac{1}{9,81294} \quad (10)$

Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	<p>Подсчитать значение смещения нуля <math>b_{ц}</math>, <math>B</math>, рассчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования <math>K_0</math>, <math>B \cdot c^2/m</math>, при определении ГХ акселерометров с диапазонами измерений <math>-10+50</math>; <math>-20+40</math> и от <math>\pm 22</math> до <math>\pm 220</math> <math>m/c^2</math> на центрифуге</p> $b_{ц} = \frac{\sum_{j=1...4}^{6...9} U_j \cdot \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j^2 - \sum_{j=1...4}^{6...9} U_j X_j \cdot \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j}{8 \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j^2 - \left( \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j \right)^2} \quad (11)$ $K_0 = \frac{8 \sum_{j=1...4}^{6...9} U_j X_j - \sum_{j=1...4}^{6...9} U_j \cdot \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j}{8 \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j^2 - \left( \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j \right)^2} \quad (12)$ <p>где <math>U_j</math> – средняя градуировочная характеристика преобразования (см. формулу (7) настоящей таблицы);  <math>X_j</math> – значение измеряемого ускорения в <math>j</math>-й точке градуировки</p> $X_{j(1-4)} = X_{ц}(1 - \xi) \quad (13)$ $X_{j(6-9)} = X_{ц}(1 + \xi) \quad (14)$ <p>где <math>X_{ц}</math> – значение ускорения, воспроизводимого центрифугой</p> $\xi = \frac{1}{4} \left[ \frac{U_9 + U_1 - 2U_5}{U_9 - U_1} + \frac{U_8 + U_2 - 2U_5}{U_8 - U_2} + \frac{U_7 + U_3 - 2U_5}{U_7 - U_3} + \frac{U_6 + U_4 - 2U_5}{U_6 - U_4} \right] \quad (15)$ <p>Подсчитать дисперсию аппроксимации <math>D_a</math>, <math>B^2</math>:  а) для акселерометров с диапазонами измерений от <math>\pm 5,6</math> до <math>\pm 11</math> <math>m/c^2</math></p> $D_a = \frac{1}{7} \sum_{j=1}^9 (b_0 + K_0 X_j \cdot 9,81294 - U_j)^2 \quad (16)$ <p>где <math>b_0</math> – подсчитать по формуле (8)</p>

Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	<p>б) для акселерометров с диапазонами измерений -10+50; -20+40 и от ±22 до ±220 м/с<sup>2</sup></p> $D_a = \frac{1}{6} \sum_{j=1, \dots, 4}^{6, \dots, 9} (b_u + K_0 X_j - U_j)^2 \quad (17)$ <p>Подсчитать и вывести на печать погрешность аппроксимации градуировочной характеристики</p> $\sigma_a = \frac{100}{N} \cdot \sqrt{D_a} \quad (18)$ <p>Подсчитать значение смещения нуля <math>b_u</math>, В, рассчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования <math>K_0</math>, В·с<sup>2</sup>/м, при определении ГХ акселерометров с диапазоном измерений 0+90 м/с<sup>2</sup> на центрифуге</p> $b_u = \frac{\sum_{j=1}^9 U_j \cdot \sum_{j=1}^9 X_j^2 - \sum_{j=1}^9 U_j X_j \cdot \sum_{j=1}^9 X_j}{9 \sum_{j=1}^9 X_j^2 - \left( \sum_{j=1}^9 X_j \right)^2} \quad (19)$ $K_0 = \frac{9 \sum_{j=1}^9 U_j X_j - \sum_{j=1}^9 U_j \cdot \sum_{j=1}^9 X_j}{9 \sum_{j=1}^9 X_j^2 - \left( \sum_{j=1}^9 X_j \right)^2} \quad (20)$ <p>Подсчитать дисперсию аппроксимации <math>D_a</math>, В<sup>2</sup>: для акселерометров с диапазоном измерений 0+90 м/с<sup>2</sup></p> $D_a = \frac{1}{7} \sum_{j=1}^9 (b_u + K_0 X_j - U_j)^2 \quad (21)$
Влияющая величина	Изменение температуры окружающей среды $t$
Нормируемая метрологическая характеристика	Коэффициенты влияния $K_t$ , $b_t$ и предельное значение составляющей дополнительной погрешности от воздействия изменений температуры окружающей среды в интервале от минус 50 до +50 °С, $\gamma_{(t)}^0$
Вид функции влияния	$\Psi_{(t,x)} = b_t(t_u - 20) + K_t(t_u - 20) \cdot X_j \quad (22)$

Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
<p>Указания по определению коэффициентов влияния</p>	<p>Подсчитать значения погрешности для каждой точки градуировки по формуле</p> $\Delta U_{t_{ij}} = U_{t_{ij}} - U_j \quad (23)$ <p>где <math>U_{t_{ij}}</math> – выходное напряжение акселерометра в каждой точке градуировки при температуре минус 50 и +50 °С, В</p> <p><math>U_j</math> – выходное напряжение акселерометра, соответствующее номинальной ГХ в 1-й и 9-й точках, определенной по формуле (7) таблицы .</p> <p>Рассчитать и вывести на печать значения <math>b_t</math> и <math>K_t</math></p> $b_t = \frac{\sum_{u=1, i=1, j=1, 9}^{u=2, i=4} \Delta U_{t_{ij}} \cdot (t_u - 20)}{8 \sum_{u=1}^{u=2} (t_u - 20)^2} \quad (24)$ $K_t = \frac{\sum_{u=1, i=1, j=1, 9}^{u=2, i=4} \Delta U_{t_{ij}} \cdot X_j(t_u - 20)}{4 \cdot \sum_{u=1, j=1, 9}^{u=2} X_j^2(t_u - 20)^2} \cdot \frac{100}{9,81294 \cdot K_0} \quad (25)$ <p>Для расчета использовать значение <math>K_0</math>, определенное по формуле (10) таблицы.</p>
<p>Нормирующее значение выходного сигнала</p> <p>Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность оценки случайной составляющей погрешности</p>	<p><math>N = 6</math></p> <p><math>K = 2</math></p>
<p>Значение случайной составляющей погрешности</p>	<p>Подсчитать значение случайной составляющей погрешности по формуле</p> $\gamma_{(t)} = \frac{2}{N} \sqrt{[D(t, x)]_{\max}} \cdot 100 \quad (26)$ <p>где <math>[D(t, x)]_{\max}</math> - максимальное значение дисперсии <math>D(t, x)_u, B^2</math>, равной</p> $D(t, x)_u = \frac{\sum_{i=1}^4 (U_{t_{ij}} - U_{t_{ij}})^2}{3},$

Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
<p data-bbox="256 417 646 494">Указания по расчету параметров АЧХ</p> <p data-bbox="245 1991 574 2027">Влияющая величина</p>	<p data-bbox="695 258 954 381">где <math>U_{twj} = \frac{\sum_{i=1}^4 U_{twij}}{4}</math></p> <p data-bbox="695 417 1516 494">Подсчитать на каждой из частот приведенный коэффициент преобразования акселерометра</p> $K_j = \frac{K_{\text{вых}j}}{K_{\text{вых}1}} \quad (27)$ <p data-bbox="695 612 1516 689">где <math>K_{\text{вых}j}</math> – двойной размах выходного напряжения акселерометра на <math>j</math>-й частоте, мВ</p> <p data-bbox="695 698 1516 825">Вывести на печать значения <math>K_j</math> для частот 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128; 200 (для диапазона измерений <math>\pm 220-200</math>), 256; 512; 1024; 2048 Гц</p> <p data-bbox="695 834 1516 997">Подсчитать и вывести на печать отклонения амплитуды выходного напряжения при наибольшем значении частоты ЧДИ от амплитуды на частоте 0,5 Гц в %</p> $\Delta f = (K_j - 1) \cdot 100 \quad (28)$ <p data-bbox="695 1061 1516 1143">Подсчитать и вывести на печать нелинейность АЧХ <math>\sigma_f</math> в ЧДИ, %</p> $\sigma_f = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (K_j - 1 - K_a \cdot f_j)^2}{m - 1}} \cdot 100, \quad (29)$ <p data-bbox="695 1310 1516 1392">где <math>m</math> – число фиксированных значений частот в ЧДИ;</p> <p data-bbox="753 1401 1516 1437"><math>K_a</math> – наклон АЧХ в ЧДИ</p> $K_a = \frac{m \sum_{j=1}^m K_j f_j - \sum_{j=1}^m K_j \sum_{j=1}^m f_j}{m \sum_{j=1}^m f_j^2 - (\sum_{j=1}^m f_j)^2} \quad (30)$ <p data-bbox="695 1628 1516 1800">Подсчитать и вывести на печать скорость затухания АЧХ в интервале частот от <math>f_{\min}</math>, соответствующей <math>j=9</math> до <math>f_{\max}</math>, соответствующей <math>K_j \leq 0,05</math>, дБ/окт</p> $V = \frac{\sum_{j=m+1}^n 20 \lg \frac{K_j}{K_{j+1}}}{n - (m + 1)} \quad (31)$ <p data-bbox="695 1991 1084 2027">Вибрационное ускорение</p>

Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
<p>Нормируемая метрологическая характеристика</p> <p>Указания по определению значения случайной составляющей приведенной дополнительной погрешности</p>	<p>Значение дополнительной приведенной погрешности от воздействия виброускорений <math>\overset{\circ}{\gamma}_b</math></p> $\overset{\circ}{\gamma}_b = \frac{1}{N} \sqrt{D_b} \cdot 100 \quad (32)$ <p>Определить в каждой точке измерений отклонения выходного напряжения от воздействия виброускорений</p> $\Delta U_{uj} = U_{u1} - U_{uj} \quad (33)$ <p>Определить дисперсию отклонений выходного напряжения от воздействия виброускорения: для акселерометров с диапазонами измерений от <math>\pm 45</math> до <math>\pm 220</math> м/с<sup>2</sup></p> $D_b = \frac{\sum_{u=1, j=2}^{u=3, j=17} \Delta U_{uj}^2}{47 - K} \quad (34)$ <p>где K – число значений <math>\Delta U_{uj}</math>, превышающих <math>\pm 0,15</math> В в интервале частот от 350 до 2000 Гц при значениях <math>u=1, 2</math> и в интервале частот от 150 до 1250 Гц при значениях <math>u=3</math>.</p> <p>Для акселерометров с диапазонами измерений <math>\pm 11</math>; <math>\pm 22</math>; <math>-10+50</math>, <math>-20+40</math> м/с<sup>2</sup></p> $D_b = \frac{\sum_{u=1, j=2}^{u=2, j=17} \Delta U_{uj}^2}{31 - K} \quad (35)$ <p>Определить и вывести на печать значение дополнительной приведенной погрешности от воздействия виброускорений <math>\overset{\circ}{\gamma}_b</math> для акселерометров с диапазонами измерений <math>\pm 5,6</math> и <math>\pm 6,0</math> м/с<sup>2</sup></p> $\overset{\circ}{\gamma}_b = \left  \frac{100}{N} \cdot \Delta b \right  \quad (36)$ <p>Указания по определению значения дополнительной приведенной погрешности</p> <p>Определить нестабильность смещения нуля акселерометра</p> $\Delta b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=2, j=4} (U_{i0} - U_{ij})^2}{8}} \quad (37)$

## Продолжение таблицы 17

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	<p data-bbox="699 281 1333 319">Определить значение <math>U_{ij}</math>, <math>B</math> по формуле</p> $U_{ij} = \frac{U_{ij1} + U_{ij2}}{2} \quad (38)$ <p data-bbox="699 462 1520 546">Определить математическое ожидание <math>U_0</math>, <math>B</math> по формуле</p> $U_0 = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=2, j=4} U_{ij}}{8} \quad (39)$



Таблица 18 – Технические характеристики акселерометров АЛЕ 048,  
необходимые для обработки результатов поверки

Маркировка акселерометра	Диапазон измерений, м/с <sup>2</sup>	Коэффициент преобразования, В с <sup>2</sup> /м	ЧДИ, Гц
АЛЕ 048 ±5,6-8	±5,6	0,40177 – 0,49106	0-8
АЛЕ 048 ±11-16	±11	0,20454 – 0,25000	0-16
АЛЕ 048 ±22-16	±22	0,10227 – 0,12501	0-16
АЛЕ 048 ±45-32	±45	0,05000 – 0,06111	0-32
АЛЕ 048 ±90-32	±90	0,02499 – 0,03055	0-32
АЛЕ 048-1 ±5,6-8	±5,6	0,40177 – 0,49106	0-8
АЛЕ 048-1 ±11-16	±11	0,20454 – 0,25000	0-16
АЛЕ 048-1 ±22-16	±22	0,10227 – 0,12501	0-16
АЛЕ 048-1 ±45-32	±45	0,05000 – 0,06111	0-32
АЛЕ 048-1 ±90-32	±90	0,02499 – 0,03055	0-32
АЛЕ 048 0+90-32	0+90	0,05000 – 0,06111	0-32
АЛЕ 048-1 0+90-32	0+90	0,05000 – 0,06111	0-32
АЛЕ 048 -20+40-128	-20+40	0,07499 – 0,09167	0-128
АЛЕ 048 ±6-32	±6,0	0,40177 – 0,49106	0-32
АЛЕ 048-1 ±11-64	±11	0,20454 – 0,25000	0-64
АЛЕ 048 ±22-32	±22	0,10227 – 0,12501	0-32
АЛЕ 048 -20+40-64	-20+40	0,07499 – 0,09167	0-64
АЛЕ 048-1 ±11-32	±11	0,20454 – 0,25000	0-32
АЛЕ 048-1 ±22-32	±22	0,10227 – 0,12501	0-32
АЛЕ 048-1 -20+40-64	-20+40	0,07499 – 0,09167	0-64
АЛЕ 048-1 -20+40-128	-20+40	0,07499 – 0,09167	0-128
АЛЕ 048-1 ±6-32	±6,0	0,40177 – 0,49106	0-32
АЛЕ 048 ±11-32	±11	0,20454 – 0,25000	0-32
АЛЕ 048 ±11-64	±11	0,20454 – 0,25000	0-64
АЛЕ 048 -10+50-32	-10+50	0,07499 – 0,09167	0-32
АЛЕ 048 -10+50-64	-10+50	0,07499 – 0,09167	0-64
АЛЕ 048-1 -10+50-32	-10+50	0,07499 – 0,09167	0-32
АЛЕ 048-1 -10+50-64	-10+50	0,07499 – 0,09167	0-64
АЛЕ 048 ±180-32	±180	0,01250 – 0,02528	0-32
АЛЕ 048-1 ±180-32	±180	0,01250 – 0,02528	0-32
АЛЕ 048 ±45-64	±45	0,05000 – 0,06111	0-64
АЛЕ 048 ±45-128	±45	0,05000 – 0,06111	0-128
АЛЕ 048-1 ±45-64	±45	0,05000 – 0,06111	0-64
АЛЕ 048-1 ±45-128	±45	0,05000 – 0,06111	0-128
АЛЕ 048 ±220-200	±220	0,01022 – 0,01250	0-200
АЛЕ 048-1 ±220-200	±220	0,01022 – 0,01250	0-200

Продолжение таблицы 18

Маркировка акселерометра	Диапазон измере- ний, м/с <sup>2</sup>	Коэффициент преобразования, В с <sup>2</sup> /м	ЧДИ, Гц
АЛЕ 048 ±22-128	±22	0,10227 – 0,12501	0-128
АЛЕ 048-1 ±22-128	±22	0,10227 – 0,12501	0-128
АЛЕ 048 ±180-128	±180	0,01250 – 0,02528	0-128
АЛЕ 048-1 ±180-128	±180	0,01250 – 0,02528	0-128
АЛЕ 048 ±90-128	±90	0,02499 – 0,03055	0-128
АЛЕ 048-1 ±90-128	±90	0,02499 – 0,03055	0-128
АЛЕ 048 -10+50-128	-10+50	0,07499 – 0,09167	0-128
АЛЕ 048-1 -10+50-128	-10+50	0,07499 – 0,09167	0-128
АЛЕ 048 -20+40-32	-20+40	0,07499 – 0,09167	0-32
АЛЕ 048-1 -20+40-32	-20+40	0,07499 – 0,09167	0-32
АЛЕ 048 ±6-16	±6,0	0,40177 – 0,49106	0-16
АЛЕ 048-1 ±6-16	±6,0	0,40177 – 0,49106	0-16
АЛЕ 048 ±22-64	±22	0,10227 – 0,12501	0-64
АЛЕ 048-1 ±22-64	±22	0,10227 – 0,12501	0-64

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки должны быть оформлены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.

В качестве результатов поверки могут использоваться результаты определения метрологических характеристик, полученные при проведении ПСИ.

Если по результатам поверки акселерометр признан пригодным к применению, то на формуляр в соответствии с требованиями ПР 50.2.007-94 наносится оттиск поверительного клейма.

Если акселерометр по результатам поверки признан непригодным к применению, оттиск поверительного клейма аннулируется и делается соответствующая запись в формулярах.

Старший научный сотрудник

32 ГНИИИ МО РФ

Начальник НИК 2

Начальник отдела 15

Начальник НИЛ 202



С.А. Абрамов

А.Н. Трофимов

К.Е. Балашов

В.Н. Колганов