

699

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ

"Воентест" 32 ГНИИ МО РФ



В.Н. Храменков

" " 2004 г.

АКСЕЛЕРОМЕТРЫ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ АЛЕ 037

Методика поверки

СДАИ.402139.005 МП

СОГЛАСОВАНО

Начальник 2452 ПЗ

Н.Н.Лупашко

" " 2004 г.

Главный метролог –
зам. генерального директора
по качеству

В.П.Каршаков

" " 2004 г.

Вводная часть

Настоящая методика распространяется на первичную поверку акселерометров низкочастотных линейных АЛЕ 037, изготовленных в НИИФИ по конструкторской документации СДАИ.402139.005 и содержит перечень и методики определения метрологических характеристик.

Первичная поверка проводится при выпуске акселерометров из производства или после ремонта.

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 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 γ_t	6.3.1	да	нет
2 Определение смещения нуля выходного напряжения акселерометров. Определение коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с ² . Определение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с ²	6.3.2	да	нет
3 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с ² . Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,5 В акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с ² . Определение значения составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания γ_u акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с ²	6.3.3	да	нет
4 Проведение испытаний на воздействие из-			

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
менения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,5 В акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с ² . Определение значения составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания $\gamma_{\text{и}}$ акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с ²	6.3.4	да	нет
5 Определение основной погрешности	6.3.5	да	нет
6 Контроль фазово-частотной характеристики (ФЧХ) акселерометров	6.3.6	да	нет
7 Контроль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акселерометров	6.3.7	да	нет
8 Контроль виброустойчивости акселерометров с диапазонами измерений от ± 11 до ± 90 м/с ²	6.3.8	да	нет
9. Контроль вибропрочности акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6$ м/с ²	6.3.9	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 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 γ_t	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источники питания постоянного тока Б5-49 Климатическая камера 3524/58 Оптическая делительная головка ОДГЭ-5 Пульт П 060 Кабель Приспособление установочное	Тг2.710.010 ТУ ЕЭ3.233.029 ТУ - 3-3.199-80 ТУ СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090 МКНИ.441558.124-01	$\pm 0,015 \%$ $\pm 0,46\%$ $\pm 3^0\text{C}$ $\pm 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ - - -	(0 – 6) В $\pm (13,5-16,5) \text{ В}$ $\pm 50^0\text{C}$ от минус 9,8 до плюс 9,8 м/с^2 - - -
2 Определение смещения нуля выходного напряжения акселерометров. Определение коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$. Определение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источники питания постоянного тока Б5-49 Оптическая делительная головка ОДГЭ-5 Пульт П 060 Кабель Приспособление установочное	Тг2.710.010 ТУ ЕЭ3.233.029 ТУ 3-3.199-80 ТУ СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090 МКНИ.441558.124-01	$\pm 0,015 \%$ $\pm 0,46\%$ $\pm 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ - - -	(0 – 6) В $\pm (13,5-16,5) \text{ В}$ от минус 9,8 до плюс 9,8 м/с^2 - - -
тики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$	ное	МКНИ.441558.124-01	-	-
3 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источники питания постоянного тока Б5-49 Градуировочный комплекс	Тг2.710.010 ТУ ЕЭ3.233.029 ТУ -	$\pm 0,015 \%$ $\pm 0,46 \%$ 0,02 %	(0 – 6) В $\pm (13,5-16,5) \text{ В}$ до 90 м/с^2

Номер пункта	Наименование средства поверки	ГОСТ, ТУ	Погрешность измерения или воспроизведения	Пределы изменения измеряемой или воспроизводимой величины
$\pm 90 \text{ м/с}^2$ Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,5 В акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$ Определение значения составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания γ_u акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$	ТЕМП-2 Приспособление установочное Кабель	МКНИ.441558.123 СДАИ.685611.090	- -	- -
4 Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,5 В акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$ Определение значения составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания γ_u акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$	Вольтметр универсальный цифровой В7-34А Источники питания постоянного тока Б5-49 Оптическая делительная головка ОДЭ-5 Пульс П 060 Кабель Приспособление установочное	Тг2.710.010 ТУ ЕЭ3.233.029 ТУ З-3.199-80 ТУ СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090 МКНИ.441558.124	$\pm 0,015 \%$ $\pm 0,46\%$ $\pm 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ - - - -	(0 – 6) В $\pm (13,5-16,5) \text{ В}$ от минус 9,8 до плюс 9,8 м/с^2 - - - -
5 Контроль фазово-частотной характеристики (ФЧХ) акселерометров	Источники питания постоянного тока Б5-49 Генератор сигналов специальной формы Г6-27 Измеритель разности фаз Ф2-34 Пульс П 060	ЕЭ3.233.029 ТУ ЕХ2.211.022 ТУ ХВ2.721.057 ТУ	$\pm 0,46\%$ 2 % 0,08+0,1	$\pm (13,5-16,5) \text{ В}$ (0,5-2048)Гц 120 град

Номер пункта	Наименование средства поверки	ГОСТ, ТУ	Погрешность измерения или воспроизведения	Пределы изменения измеряемой или воспроизводимой величины
6 Контроль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акселерометров	Кабель	СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090	- -	- -
	Вольтметр универсальный В7-16А	АТД2.710.000 ТУ	$\pm(0,13-0,46)\%$	(0 – 6) В
	Источники питания постоянного тока Б5-49	ЕЭ3.233.029 ТУ	$\pm 0,46\%$	$\pm(13,5-16,5)В$
	Генератор сигналов специальной формы Г6-27	ЕХ2.211.022 ТУ	$\pm 2\%$	(0,5-2048)Гц
	Осциллограф универсальный двухканальный С1-82	ТГ2.044.003 ТУ	-	-
	Пульт П 060	СДАИ.411562.002 ТУ СДАИ.685611.090	- -	- -
Контроль виброустойчивости и вибропрочности акселерометров	Кабель			
	Вольтметр универсальный В7-16А	АТД2.710.000 ТУ	$\pm(0,13-0,46)\%$	(0 – 6) В
	Источники питания постоянного тока Б5-49	ЕЭ3.233.029 ТУ	$\pm 0,46\%$	$\pm(11,4-12,6)В$
	Вибростенд УВЭ 5/1000	-	$\pm 20\%$ $\pm 2 Гц$ $\pm 4,8 \cdot 10^{-4} м/с^2$	300 м/с ² (20-2000)Гц от минус 9,8 до плюс 9,8 м/с ²
	Оптическая делительная головка ОДГЭ-5	3-3.199-80 ТУ		
	Пульт П 060	СДАИ.411562.002 ТУ	-	-
	Кабель	СДАИ.685611.090	-	-
	Приспособление установочное для вибростенда	МКНИ.441558.126	-	-

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 источников 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 30 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
ДИАПАЗОН	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 мм². 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 равных 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 Опробование акселерометров с диапазонами измерений от ± 11 до ± 90 м/с²

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

6.2.1.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1)$ В. Включить питание акселерометра.

6.2.1.3 Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Установить акселерометр на рабочем столе измерительной осью X стрелкой вниз и измерить выходное напряжение акселерометра U_1 вольтметром PV1.

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:

$$|U_2 - U_1| = 19,62 K_0 \pm 0,3, \quad (1)$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования взятое из формуляра

6.2.2 Опробование акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6$ м/с²

6.2.2.1 Закрепить приспособление МКНИ.441558.124 на оптической делительной головке ОДГЭ-5 и отгоризонтировать его в двух направлениях при помощи уровня брускового 200-0,05 ГОСТ 9392-89 так, чтобы пузырек уровня был на середине ампулы с точностью ± 1 деление. Закрепить акселерометр за плоскость YOZ на приспособлении так, чтобы при горизонтальном положении приспособления измерительная ось X была направлена стрелкой вверх. Повернуть шпиндель ОДГЭ-5 на 90 градусов, при этом показания на лимбах ОДГЭ-5 должны быть нулевыми.

6.2.2.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1)$ В. Включить питание акселерометра.

6.2.2.3 Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Повернуть шпиндель ОДГЭ-5 в сторону уменьшения выходного напряжения акселерометра на угол α , соответствующий диапазону измерений акселерометра (значение угла α указано в таблице 4). Измерить выходное напряжение акселерометра U_1 вольтметром PV1.

6.2.2.4 Повернуть шпиндель ОДГЭ-5 в сторону увеличения выходного напряжения акселерометра на угол α . Измерить выходное напряжение акселерометра U_2 вольтметром PV1.

Акселерометр считается исправным, если разность напряжений ($U_2 - U_1$) в В, удовлетворяет условию формулы (1).

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 γ_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 ± 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 источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1)$ В. Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Включить питание акселерометра..

6.3.1.4 Измерить выходное напряжение акселерометра. Измеренное напряжение не должно выходить за пределы $(3,0 \pm 0,3)$ В.

6.3.1.5 Выключить питание акселерометра. Установить в камере температуру, равную минус 50°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 30 с.

6.3.1.7 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол α (значение угла α 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.

Считать этот угол отрицательным. Измерить выходное напряжение акселерометра $U_{\text{ui}1}$.

6.3.1.8 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол плюс α относительно положения по пункту 6.3.1.2 и измерить выходное напряжение акселерометра $U_{\text{ui}9}$.

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_{uij} 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.

6.3.1.10 Установить в камере температуру плюс 20°C ($u = 3$) 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 30 с. Повторить операции пунктов 6.3.1.7 – 6.3.1.9.

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

Диапазон измерений, м/с ²	Углы наклона оси X при снятии ГХ, α_j		Синус угла $\sin\alpha_j$	Косинус угла $\cos\alpha_j$
$\pm 0,7$	4° 10'	α	0,07266	0,997357
	3°	α_1	0,05234	0,998629
	2°	α_2	0,03489	0,99939
	1°	α_3	0,01745	0,999848
	0	α_4	0	1,000000
$\pm 1,4$	8° 20'	α	0,14493	0,989441
	6°	α_1	0,10453	0,99452
	4°	α_2	0,06976	0,99756
	2°	α_3	0,03490	0,99939
	0	α_4	0	1,000000
$\pm 2,8$	17°	α	0,29237	0,95630
	13°	α_1	0,22495	0,97437
	9°	α_2	0,15643	0,98769
	5°	α_3	0,08716	0,99619
	0	α_4	0	1,000000
$\pm 5,6$	35°	α	0,57358	0,81915
	27°	α_1	0,45399	0,89101
	18°	α_2	0,30901	0,95106
	9°	α_3	0,15643	0,98769
	0	α_4	0	1,000000
± 11	90°	α	1,00000	0
	45°	α_1	0,70711	0,70711
	30°	α_2	0,50000	0,86603
	15°	α_3	0,25882	0,96593
	0	α_4	0	1,000000
$\pm 22, \pm 45, \pm 90$	90°	α	1,00000	0
	0	α_4	0	1,00000

6.3.1.12 Повернуть шпиндель делительной головки так, чтобы на лимбах были нулевые показания. Измерить выходное напряжение U_{0i} . ($i = 1$). Повернуть шпиндель 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 30 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, i	Измеряемое ускорение, x_j	Значение температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	Выходное напряжение, $U_{tu ij}$, В			
			U_{tu1j}	U_{tu2j}	U_{tu3j}	U_{tu4j}
1	$-\sin \alpha$	-50				
	$\sin \alpha$	-50				
2	$-\sin \alpha$	+50				
	$\sin \alpha$	+50				
3	$-\sin \alpha$	+20				
	$\sin \alpha$	+20				

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

Таблица 6 - Результаты определения начального уровня

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

Обработать результаты испытаний при температурах минус 50 и плюс 50°C по формулам (23) – (27) таблицы 17.

6.3.2 Определение смещения нуля выходного напряжения акселерометров. Определение коэффициента преобразования акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$. Определение погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 11 \text{ м/с}^2$

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 $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ и выдержать в ней акселерометр в течение 1 ч во включенном состоянии. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{01} .

6.3.2.3 Повернуть шпиндель 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 шпиндель 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 α_0 .

6.3.2.5 Поворачивая шпиндель головки на угол минус $(\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \alpha_4$, плюс $(\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha)$ относительно α_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 шпиндель головки от угла плюс α до угла минус α , измерить выходные напряжения $U_{i9}^B, \dots, U_{i1}^B$ ($i=1, j=9, \dots, 1$), соответствующие 9, ..., 1 точкам обратного хода ГХ.

6.3.2.7 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.

6.3.2.8 Обработать результаты испытаний по пунктам 6.3.2.1 – 6.3.2.7 и при температуре 20°C по пунктам 6.3.1.10 – 6.3.1.14 в соответствии с ОСТ 92-4279-80 по формулам (12) – (14), (20), (22) таблицы 17.

Таблица 7 – 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_{ij}^M и U_{ij}^B , В			
		i=1		i=2	
		U_{ij}^M	U_{ij}^B	U_{ij}^M	U_{ij}^B
1	$-\sin \alpha$				
2	$-\sin \alpha_1$				
3	$-\sin \alpha_2$				
4	$-\sin \alpha_3$				
5	$\sin \alpha_4$				
6	$\sin \alpha_3$				
7	$\sin \alpha_2$				
8	$\sin \alpha_1$				
9	$\sin \alpha$				

6.3.3 Определение коэффициента преобразования и погрешности аппроксимации градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$. Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,5 В акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$. Контроль значения составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$

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

6.3.3.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

6.3.3.3 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(16,5_{-0,1})$ В.

6.3.3.4 Включить центрифугу и задать ускорение равное диапазону измерений акселерометра. Измерить выходное напряжение U_{uij} ($u = 1$).

6.3.3.5 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(13,5^{+0,1})$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u = 2$)

6.3.3.6 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(15,0 \pm 0,1)$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{ij}^M при значениях ускорения, задаваемого центрифугой, равных 100, 75, 50, 25, 0 % от диапазона измерений ($i=1, j=1, \dots, 5$).

6.3.3.7 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 ($i=1, j=6, \dots, 9$).

6.3.3.8 Провести измерения, выполняя операции пунктов 6.3.3.3 – 6.3.3.5.

6.3.3.9 Провести измерения, выполняя операции пунктов 6.3.3.6, 6.3.3.7. Измерить выходные напряжения акселерометра при напряжениях на источниках G1, G2 равных поочередно $(16,5_{-0,1})$ и $(13,5^{+0,1})$ В.

6.3.3.10 Повторить операции пунктов 6.3.3.6 - 6.3.3.9 еще раз ($i=2, j=1, \dots, 9$).

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

Результаты измерений при выходных напряжениях источников G1, G2, равных (16,5_{0,1}) и (13,5^{+0,1}) В занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 9.

Таблица 8 – Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с²

Порядковый номер точки градуировки, j	Задаваемое ускорение, X _ц , м/с ²	Выходное напряжение U _{ij} ^M и U _{ij} ^B , В			
		i=1		i=2	
		U _{ij} ^M	U _{ij} ^B	U _{ij} ^M	U _{ij} ^B
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Таблица 9 – Результаты определения влияния изменения напряжения питания

Диапа- зон ус- корений, а, м/с ²	Выходное напряжение U _{uij} , В							
	i = 1		i = 2		i = 3		i = 4	
	16,5	13,5	16,5	13,5	16,5	13,5	16,5	13,5
	U _{11j}	U _{21j}	U _{12j}	U _{22j}	U _{13j}	U _{23j}	U _{14j}	U _{24j}
- а								
+ а								

6.3.3.8 Обработать данные таблицы 8 по формулам (5) – (7), (15), (16), (21), (22) таблицы 17.

При этом должна быть учтена относительная погрешность задания ускорения центрифугой ξ , обусловленная неопределенностью положения центра масс (формулы (17) – (19) таблицы 17).

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

Определить коэффициент преобразования K_о и погрешность аппроксимации ГХ σ_a акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с².

Значения K_о должны соответствовать требованиям таблицы 17 и σ_a не должна быть более 0,05 %.

Обработать данные таблицы 9 по формулам (8) – (11) таблицы 17.

Значение γ_u должно быть не более 0,03 %.

6.3.4 Проведение испытаний на воздействие изменения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,6 В акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с². Контроль значения составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с²

6.3.4.1 Установить приспособление МКНИ.441558.124 на оптической делительной головке ОДГЭ-5 и подготовить акселерометр к работе по пункту 6.2.2.1.

6.3.4.2 Собрать схему рисунка 1.

6.3.4.3 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(16,5_{-0,1})$ В.

6.3.4.4 Повернуть шпиндель оптической делительной головки ОДГЭ-5 на угол минус α (см. таблицу 4). Включить питание акселерометра и выдержать во включенном состоянии 30 с.

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

6.3.4.6 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(13,5^{+0,1})$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=2, i=1, j=1$).

6.3.4.7 Повернуть шпиндель оптической делительной головки на угол $+\alpha$ относительно положения пункта 6.3.4.1.

6.3.4.8 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(16,5_{-0,1})$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=1, i=1, j=9$).

6.3.4.9 Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $(13,5^{+0,1})$ В. Измерить выходное напряжение акселерометра U_{uij} ($u=2, i=1, j=9$).

6.3.4.10 Повернуть шпиндель оптической делительной головки ОДГЭ-5 на угол минус α и провести контроль параметров по пунктам 6.3.4.8, 6.3.4.9 ($u=1, 2, i=2, j=1$).

6.3.4.11 Провести измерения, выполняя операции пунктов 6.3.4.3 – 6.3.4.9 ($i=3, 4$).

Результаты всех измерений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 9.

6.3.4.12 Определить дисперсию составляющей основной погрешности и значение составляющей основной погрешности от изменения напряжения питания в интервале от 13,5 до 16,5 В, пользуясь таблицей оперативной информации по формулам (8) – (11) таблицы 17.

При этом для акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 использовать результаты измерений по пункту 6.3.3 при напряжениях на источниках питания 16,5 и 13,5 В.

Значение γ_u° должно быть не более 0,03 %.

6.3.5 Определение основной погрешности

6.3.5.1 Определить значение основной погрешности γ_o° , в % по формулам (1) – (7) таблицы 17.

Значение γ_o° должно быть не более 0,05 %.

6.3.6 Контроль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) акселерометров

6.3.6.1 Установить акселерометр с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6$ м/с² на рабочем столе измерительной осью горизонтально, с диапазоном ± 11 м/с² и более измерительной осью X стрелкой вниз.

Собрать схему в соответствии с рисунком 3. Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1)$ В. Включить питание акселерометра. Выходное напряжение контролировать осциллографом. Выходное напряжение акселерометра с диапазоном измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6$ м/с² должно находиться в пределах $(3,0 \pm 0,5)$ В. Выключить питание акселерометра.

6.3.6.2 Установить переключатели генератора G3 в следующие положения: О – "3", ЧАСТОТА Hz – "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 ± 22 до ± 90 м/с² допускается уменьшение величины двойного размаха до 30 мм. При необходимости нужного размаха можно добиться уве-

личением выходного напряжения генератора G3 при условии, что при этом не наблюдается искажение формы и ограничение выходного напряжения акселерометра. В дальнейшем необходимо поддерживать амплитуду выходного напряжения генератора G3 постоянной, контролируя ее осциллографом P1.

6.3.6.5 Последовательно устанавливая значения частоты генератора G3, равные указанным в таблице 10, на каждой из частот проводить измерение выходного напряжения. На частотах внутри ЧДИ, в том числе и на верхней граничной частоте, измерения проводить осциллографом ($j=1, \dots, 8$). От верхней границы ЧДИ до 2048 Гц измерения проводить вольтметром PV1 в режиме измерения переменного напряжения в В.

Таблица 10

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

Результаты испытаний занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 11.

6.3.6.6 Подсчитать параметры АЧХ по формулам (28) – (32) таблицы 17.

Значение σ_f не должно быть более 2%.

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 Δf должно быть не более $\pm 5\%$.

Таблица 11 – Результаты контроля АЧХ

Номер прибора и диапазон измерений	
Частота изменения выходного напряжения генератора, Гц	Выходное напряжение акселерометра, мм
0,5	
1	
2	
4	
5	
6	
7	
8	
12	
14	
16	
24	
32	
50	
64	
128	
256	
512	
1024	
2048	

6.3.7 Контроль фазово-частотной характеристики (ФЧХ) акселерометров

6.3.7.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 4. Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1)$ В. Установить акселерометр на рабочем столе измерительной осью X горизонтально.

6.3.7.2 Установить переключатели генератора G3 в следующие положения: О - "2" – "5", ЧАСТОТА Hz – "2", МНОЖИТЕЛЬ – "1".

6.3.7.3 Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 30 с.

6.3.7.4 Нажать кнопку "ф" на лицевой панели измерителя разности фаз P1 и не менее, чем через 70 с снять показания прибора P1 φ_j . В том случае, если запаздывание на частоте 2 Гц находится в интервале 300 – 360 градусов, поменять измерительные концы входов фазометра P1. Если фазовое запаздывание на этой частоте составляет (180 ± 5) градусов, записать значения углов $(\alpha_j - 180)$ градусов, где φ_j – измеренные значения запаздывания на каждой j – й частоте.

6.3.7.5 Последовательно устанавливая значения частоты выходного напряжения генератора равным 4, 8, 16, 32, 64 Гц, провести на каждой из частот измерения фазового запаздывания прибором P1 по пункту 6.3.7.4.

Результаты измерений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 12.

Таблица 12-Результаты контроля ФЧХ

Частота изменения выходного напряжения генератора, Гц	2	4	8	16	32	64
Значение угла фазового запаздывания, φ_j , град						

6.3.7.6 Значение угла фазового запаздывания при наибольшем значении частоты $\varphi_{гр}$ не должно быть более 120 градусов.

6.3.8 Контроль виброустойчивости акселерометров с диапазонами измерений от ± 11 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$

6.3.8.1 Установить акселерометр на столе вибростенда измерительной осью X горизонтально, а осью Y вертикально вверх с помощью приспособления МКНИ.441558.126.

6.3.8.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1)$ В. Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Включить питание акселерометра и выдержать его во включенном состоянии в течение 30 с.

6.3.8.3 Измерить выходное напряжение акселерометра $U_{из}$. Оно должно соответствовать $(3,0 \pm 0,6)$ В.

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 13 (по фиксированным точкам) ($j=2, \dots, 17$).

Таблица 12

№ п/п	Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2	Время воздействия ускорения, с
1	0	0	0
2	20	15	15
3	30	25	15

№ п/п	Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с ²	Время воздействия ускорения, с
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

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

6.3.8.5 Установить акселерометр на вибростенде осью У стрелкой вверх ($u=2$). Включить питание. Провести измерения, выполняя операции пунктов 6.3.8.3, 6.3.8.4.

6.3.8.6 Установить акселерометры с диапазоном измерений ± 45 , ± 90 м/с² на вибростенде осью Х стрелкой вверх. Включить питание. Измерить выходное напряжение акселерометра. Оно должно находиться в пределах от 3,1 до 3,9 В для диапазона измерений ± 45 м/с²; от 2,95 до 3,6 В для диапазонов измерений ± 90 м/с²

6.3.8.7 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорения по пункту 6.3.8.4. Выключить вибростенд. Измерить выходное напряжение акселерометра. Оно должно соответствовать требованиям пункта 6.3.8.6 ($j=18$).

6.3.8.8 Занести результаты всех испытаний в таблицу, выполненную по форме таблицы 14. Обработать результаты испытаний по формулам (36) - (39) таблицы 17.

При расчете γ_b не учитывать значения ΔU_{ij} , превышающие $\pm 0,15$ В в интервале частот от 350 до 2000 Гц при воздействии виброускорения в поперечном направлении ($u=1, 2$).

Значение дополнительной приведенной погрешности γ_b не должно превышать 0,1 %.

Таблица 14 – Результаты контроля виброустойчивости и вибропрочности акселерометров с диапазонами измерений от ± 11 до ± 90 м/с²

№ п/п	f_j , Гц	A , м/с ²	t , с	U_{ij} при вибрации по оси Y, В	U_{ij} при вибрации по оси Z, В	U_{ij} при вибрации по оси X, В
1	0	0	-			
2	20	15	15			
3	30	25	12			
4	50	34	12			
5	70	50	15			
6	100	60	15			
7	150	80	15			

№ п/п	f_j , Гц	A , м/с^2	t , с	U_{ij} при виб- рации по оси Y,B	U_{ij} при вибрации по оси Z, B	U_{ij} при вибрации по оси X,B
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 диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6 \text{ м/с}^2$

6.3.9.1 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 ± 1 деление.

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

6.3.9.3 Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Установить с помощью вольтметра PV1 выходное напряжение источников G1, G2 равным $\pm(15,0 \pm 0,1) \text{ В}$. Подключить к клеммам ВЫХОД и ОБЩ ТОЧКА пульта П 060 вольтметр PV1. Включить питание акселерометра.

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

6.3.9.5 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 6.3.9.4, 6.3.9.5 ($U_{ij1}, U_{ij2}, i=2, j=1$).

6.3.9.6 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 источниках G1, G2 $\pm(15,0 \pm 0,1) \text{ В}$. Включить акселерометр.

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

Таблица 15

Амплитуда виброускорений, м/с^2	Интервал частот, Гц	Время воздействия виброускорения в каждом интервале частот, с
10 – 20	20 – 50	80
20 – 25	50 – 100	80

Амплитуда виброускорений, м/с^2	Интервал частот, Гц	Время воздействия виброускорения в каждом интервале частот, с
25 – 40	100 – 200	80
40 – 90	200 – 500	80
90 – 100	500 – 1000	80
100	1000 - 2000	80

6.3.9.8 Установить акселерометр на делительной головке по пункту 6.3.9.2 и определить выходные напряжения U_{ij1} , U_{ij2} по пунктам 6.3.9.4, 6.3.9.5 ($j=2$, $i=1, 2$).

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

6.3.9.10 Установить акселерометр на делительной головке по пункту 6.3.9.2 и определить выходные напряжения U_{ij1} , U_{ij2} по пунктам 6.3.9.4, 6.3.9.5 ($j=3$, $i=1, 2$).

6.3.9.11 Подвергнуть акселерометр воздействию виброускорений с параметрами, соответствующими таблице 15 при установке его на вибростенде осью Z вертикально. Снять акселерометр с вибростенда.

6.3.9.12 Установить акселерометр на делительной головке по пункту 6.3.9.2 и определить выходные напряжения U_{ij1} , U_{ij2} по пунктам 6.3.9.4, 6.3.9.5 ($j=4$, $i=1, 2$).

6.3.9.13 Занести результаты всех испытаний в таблицу, выполненную по форме таблицы 16. Обработать результаты испытаний по формулам (36) – (39) таблицы 17. Значение дополнительной приведенной погрешности γ_b должно быть не более 0,1 %.

Таблица 16 – Результаты контроля вибропрочности

Порядковый номер контроля начального уровня, j	Положение осей акселерометра относительно плоскости вибростенда	Выходное напряжение, В			
		i = 1		i = 2	
		U_{ij1}	U_{ij2}	U_{ij1}	U_{ij2}
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	для диапазонов измерений от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6 \text{ м/с}^2$ в В^2 $\sum_{p=1}^2 D_{\text{обр},p} = 2,88 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 2 \cdot 10^{-7} \quad (1)$

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	для диапазонов измерений от ± 11 до ± 90 м/с² в В² $\sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho} = 1,44 \cdot 10^{-8} \cdot K_0^2 + 0,56 \cdot 10^{-6} \quad (2)$
Указания по определению основной погрешности	Подсчитать и вывести на печать значение основной погрешности акселерометра $\gamma_0 = \frac{2}{N} \sqrt{D_n + \sum_{\rho=1}^2 D_{\text{обр},\rho}} \cdot 100 \quad (3)$
	Подсчитать значение дисперсии невоспроизводимости градуировочной характеристики, В² $D_n = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 \frac{\sum_{i=1}^2 (U_{ij}^M - U_j^M)^2 + \sum_{i=1}^2 (U_{ij}^B - U_j^B)^2}{3} \quad (4)$
	где U_j^M - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны меньших значений, В
	$U_j^M = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^M}{2} \quad (5)$ где U_j^B - среднее значение выходного напряжения для j-й точки градуировки при изменении выходного сигнала со стороны больших значений, В $U_j^B = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^B}{2} \quad (6)$ Подсчитать и вывести на печать среднюю градуировочную характеристику преобразования, В $U_j = \frac{\sum_{i=1}^2 U_{ij}^M + \sum_{i=1}^2 U_{ij}^B}{4} \quad (7)$
Определение значения дисперсии от изменения напряжения питания	Подсчитать значение выходного напряжения в 1-й и 9-й точках градуировки $U_{\text{уср}0} = \frac{\sum_{u=1, i=1}^{u=2, i=4} U_{uij}}{8} \quad (8)$ Подсчитать значение погрешности для каждого эксперимента $\Delta U_{uij} = U_{uij} - U_{\text{уср}j} \quad (9)$ Подсчитать значение дисперсии D_u

Содержание информации	Числовые значения, формулы, указания
	$D_u = \frac{\sum_{u=1, i=1, j=1}^{u=2, i=4, j=9} \Delta U_{uij}^2}{16} \quad (10)$ Подсчитать и вывести на печать значение составляющей погрешности в интервале изменения питающего напряжения от 13,5 до 16,5 В в % $\gamma_u = \pm \frac{1}{N} \sqrt{D_u} \cdot 100 \quad (11)$
Указания по определению и выводу на печать других характеристик	Подсчитать значение смещения нуля b_0, В, для диапазонов измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с² ($j=1, \dots, 9$) $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^9 U_j}{9} \quad (12)$
	Подсчитать и вывести на печать значение смещения нуля акселерометра по формуле $b_0 = \frac{\sum_{j=1}^4 U_{0i}}{4} \quad (13)$
	Подсчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования K_0, В·с²/м, для диапазонов измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с² $K_0 = \frac{\sum_{j=1}^9 U_j X_j}{\sum_{j=1}^9 X_j^2} \cdot \frac{1}{9,81294} \quad (14)$
	Подсчитать значение смещения нуля $b_{ц}$, В, рассчитать и вывести на печать значение коэффициента преобразования K_0, В·с²/м, при определении ГХ акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с² на центрифуге $b_{ц} = \frac{\sum_{j=1...4}^{6...9} U_j \cdot \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j^2 - \sum_{j=1...4}^{6...9} U_j X_j \cdot \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j}{8 \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j^2 - \left(\sum_{j=1...4}^{6...9} X_j \right)^2} \quad (15)$ $K_0 = \frac{8 \sum_{j=1...4}^{6...9} U_j X_j - \sum_{j=1...4}^{6...9} U_j \cdot \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j}{8 \sum_{j=1...4}^{6...9} X_j^2 - \left(\sum_{j=1...4}^{6...9} X_j \right)^2} \quad (16)$ где U_j – средняя градуировочная характеристика преобра-

Содержание информации	Числовые значения, формулы, указания
	зования (см. формулу (7) настоящей таблицы); X_j – значение измеряемого ускорения в j-й точке градуировки $X_{j(1-4)} = X_u (1 - \xi) \quad (17)$ $X_{j(6-9)} = X_u (1 + \xi) \quad (18)$
	где X_u – значение ускорения, воспроизводимого центрифугой $\xi = \frac{1}{4} \left[\frac{U_9 + U_1 - 2U_5}{U_9 - U_1} + \frac{U_8 + U_2 - 2U_5}{U_8 - U_2} + \right. \\ \left. + \frac{U_7 + U_3 - 2U_5}{U_7 - U_3} + \frac{U_6 + U_4 - 2U_5}{U_6 - U_4} \right] \quad (19)$ Подсчитать дисперсию аппроксимации D_a, B^2: а) для акселерометров с диапазонами измерений от $\pm 0,7$ до ± 11 м/с² $D_a = \frac{1}{7} \sum_{j=1}^9 (b_0 + K_0 X_j \cdot 9,81294 - U_j)^2 \quad (20)$ где b_0 – подсчитать по формуле (12)
	б) для акселерометров с диапазонами измерений от ± 22 до ± 90 м/с² $D_a = \frac{1}{6} \sum_{j=1, \dots, 4}^{6, \dots, 9} (b_u + K_0 X_j - U_j)^2 \quad (21)$ Подсчитать и вывести на печать погрешность аппроксимации градуировочной характеристики $\sigma_a = \frac{100}{N} \cdot \sqrt{D_a} \quad (22)$
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, $\gamma_{(t)}$
Вид функции влияния	$\Psi_{(t,x)} = b_t(t_u - 20) + K_t(t_u - 20) \cdot X_j \quad (23)$
Указания по определению коэффициентов влияния	Подсчитать значения погрешности для каждой точки градуировки по формуле $\Delta U_{t_{ij}} = U_{t_{ij}} - U_j \quad (24)$ где $U_{t_{ij}}$ – выходное напряжение акселерометра в каждой точке градуировки при температуре минус 50 и +50 °С, В
	U_j – выходное напряжение акселерометра, соответствующее номинальной ГХ в 1-й и 9-й точках, определенной по

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	формуле (7) таблицы . Рассчитать и вывести на печать значения b_t и K_t $b_t = \frac{\sum_{u=2, i=4}^{u=1, i=1, j=1, 9} \Delta U_{t_{uij}} \cdot (t_u - 20)}{8 \sum_{u=1}^{u=2} (t_u - 20)^2} \quad (25)$
	$K_t = \frac{\sum_{u=2, i=4}^{u=1, i=1, j=1, 9} \Delta U_{t_{uij}} \cdot X_j (t_u - 20)}{4 \cdot \sum_{u=1, j=1, 9}^{u=2} X_j^2 (t_u - 20)^2} \cdot \frac{100}{9,81294 \cdot K_0} \quad (26)$ Для расчета использовать значение K_0, определенное по формуле (14) таблицы.
Нормирующее значение выходного сигнала	$N = 6$
Коэффициент, учитывающий доверительную вероятность оценки случайной составляющей погрешности	$K = 2$
Значение случайной составляющей погрешности	Подсчитать значение случайной составляющей погрешности по формуле $\gamma_{(t)} = \frac{2}{N} \sqrt{[D(t, x)]_{\max}} \cdot 100 \quad (27)$ где $[D(t, x)]_{\max}$ - максимальное значение дисперсии $D(t, x)_u$, B^2, равной $D(t, x)_u = \frac{\sum_{i=4}^4 (U_{t_{uij}} - U_{t_{uj}})^2}{3},$ где $U_{t_{uj}} = \frac{\sum_{i=4}^4 U_{t_{uij}}}{4}$
Указания по расчету параметров АЧХ	Подсчитать на каждой из частот приведенный коэффициент преобразования акселерометра $K_j = \frac{K_{\text{вых}j}}{K_{\text{вых}1}} \quad (28)$
	где $K_{\text{вых}j}$ – двойной размах выходного напряжения акселерометра на j -й частоте, мм
	Вывести на печать значения K_j для частот 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048 Гц
	Подсчитать и вывести на печать отклонения амплитуды выходного напряжения при наибольшем значении частоты ЧДИ от амплитуды на частоте 0,5 Гц в %

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	$\Delta f = (K_j - 1) \cdot 100 \quad (29)$ Подсчитать и вывести на печать нелинейность АЧХ σ_f в ЧДИ, % $\sigma_f = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (K_j - 1 - K_a \cdot f_j)^2}{m - 1}} \cdot 100, \quad (30)$ где m – число фиксированных значений частот в ЧДИ; K_a – наклон АЧХ в ЧДИ $K_a = \frac{m \sum_{j=1}^m K_j f_j - \sum_{j=1}^m K_j \sum_{j=1}^m f_j}{m \sum_{j=1}^m f_j^2 - (\sum_{j=1}^m f_j)^2} \quad (31)$
	Подсчитать и вывести на печать скорость затухания АЧХ в интервале частот от $f_{\min}$, соответствующей $j=9$ до $j=n-1$ (n соответствует 2048 Гц), дБ/окт $V = \frac{\sum_{j=9}^{n-1} 20 \lg \frac{K_j}{K_{j+1}}}{n - 9} \quad (32)$
Влияющая величина	Вибрационное ускорение
Нормируемая метрологическая характеристика	Значение дополнительной приведенной погрешности от воздействия виброускорений γ_b°
	Определить и вывести на печать значение дополнительной приведенной погрешности от воздействия виброускорений γ_b°:
	для акселерометров с диапазонами измерений $\pm 11, \pm 22 \text{ м/с}^2$ $\gamma_b^\circ = \frac{100}{6} \sqrt{\frac{\sum_{u=1, j=2}^{u=2, j=17} (U_{u1} - U_{uj})^2}{31 - K}} \quad (33)$
	для акселерометров с диапазонами измерений от ± 45 до $\pm 90 \text{ м/с}^2$ $\gamma_b^\circ = \frac{100}{6} \sqrt{\frac{\sum_{u=1, j=2}^{u=3, j=17} (U_{u1} - U_{uj})^2}{47 - K}} \quad (34)$
	где K – число значений ΔU_{uj}, превышающих $\pm 0,15 \text{ В}$ в интервале частот от 350 до 2000 Гц при значениях $u=1, 2$ и в интервале частот от 150 до 1250 Гц при значениях $u=3$. $\Delta U_{uj} = U_{u1} - U_{uj}, \quad (35)$
	Определить и вывести на печать значение дополнительной приведенной погрешности от воздействия виброускорений

Содержание оперативной информации	Числовые значения, формулы, указания
	γ_b для акселерометра с диапазоном измерения от $\pm 0,7$ до $\pm 5,6 \text{ м/с}^2$ $\gamma_b = \left \frac{100}{N} \cdot \Delta b \right \quad (36)$
Указания по определению значения приведенной дополнительной погрешности	Определить нестабильность смещения нуля акселерометра $\Delta b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=2, j=4} (U_0 - U_{ij})^2}{8}} \quad (37)$ Определить значение U_{ij}, В по формуле $U_{ij} = \frac{U_{ij1} + U_{ij2}}{2} \quad (38)$ Определить математическое ожидание U_0, В по формуле $U_0 = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=2, j=4} U_{ij}}{8} \quad (39)$

Таблица 18 – Технические характеристики акселерометров АЛЕ 037, необходимые для обработки результатов поверки

Маркировка акселерометра	Диапазон измерений, м/с^2	Коэффициент преобразования, $\text{В с}^2/\text{м}$	ЧДИ, Гц
АЛЕ 037 $\pm 0,7$ -8	$\pm 0,7$	3,21428 – 3,92856	0-8
АЛЕ 037 $\pm 1,4$ -8	$\pm 1,4$	1,60714 – 1,96428	0-8
АЛЕ 037 $\pm 2,8$ -8	$\pm 2,8$	0,80329 – 0,98179	0-8
АЛЕ 037 $\pm 5,6$ -8	$\pm 5,6$	0,40178 – 0,49106	0-8
АЛЕ 037 ± 11 -16	± 11	0,20454 – 0,25000	0-16
АЛЕ 037 ± 11 -32	± 11	0,20454 – 0,25000	0-32
АЛЕ 037 ± 22 -16	± 22	0,10227 – 0,12501	0-16
АЛЕ 037 ± 22 -32	± 22	0,10227 – 0,12501	0-32
АЛЕ 037 ± 45 -16	± 45	0,05000 – 0,06111	0-16
АЛЕ 037 ± 45 -32	± 45	0,05000 – 0,06111	0-32
АЛЕ 037 ± 90 -16	± 90	0,02499 – 0,03055	0-16
АЛЕ 037 ± 90 -32	± 90	0,02499 – 0,03055	0-32
АЛЕ 037-01 $\pm 0,7$ -8	$\pm 0,7$	3,21428 – 3,92856	0-8
АЛЕ 037-01 $\pm 1,4$ -8	$\pm 1,4$	1,60714 – 1,96428	0-8
АЛЕ 037-01 $\pm 2,8$ -8	$\pm 2,8$	0,80329 – 0,98179	0-8
АЛЕ 037-01 $\pm 5,6$ -8	$\pm 5,6$	0,40178 – 0,49106	0-8
АЛЕ 037-01 ± 11 -16	± 11	0,20454 – 0,25000	0-16
АЛЕ 037-01 ± 11 -32	± 11	0,20454 – 0,25000	0-32
АЛЕ 037-01 ± 22 -16	± 22	0,10227 – 0,12501	0-16
АЛЕ 037-01 ± 22 -32	± 22	0,10227 – 0,12501	0-32
АЛЕ 037-01 ± 45 -16	± 45	0,05000 – 0,06111	0-16
АЛЕ 037-01 ± 45 -32	± 45	0,05000 – 0,06111	0-32

Маркировка акселерометра	Диапазон измерений, м/с ²	Коэффициент преобразования, В с ² /м	ЧДИ, Гц
АЛЕ 037-01 ±90-16	±90	0,02499 – 0,03055	0-16
АЛЕ 037-01 ±90-32	±90	0,02499 – 0,03055	0-32

9 Оформление результатов поверки

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

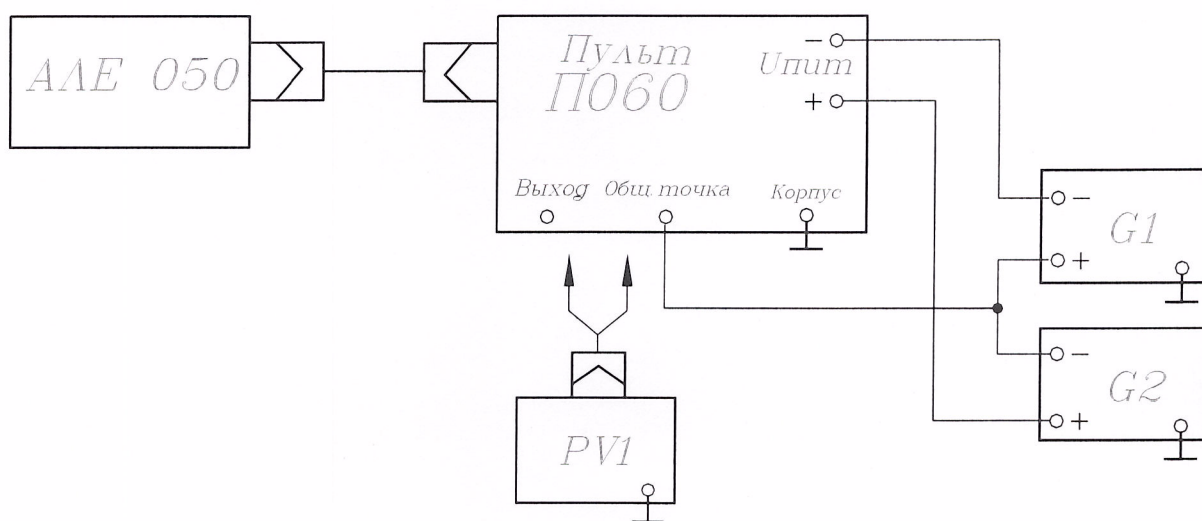
В качестве результатов поверки могут использоваться результаты определения метрологических характеристик, полученные при проведении ПСИ.

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.

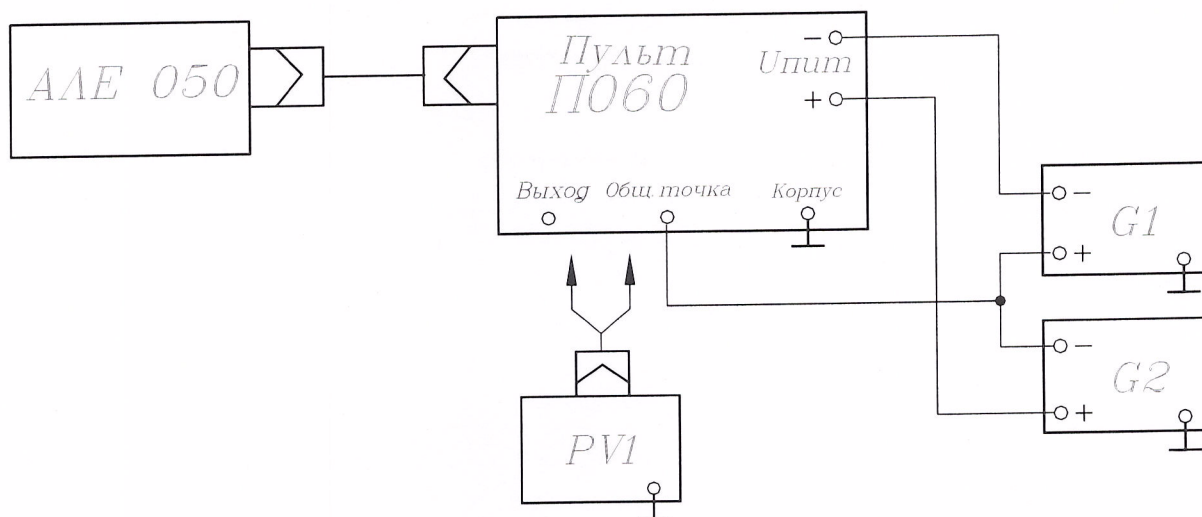
Начальник НИК 2
Начальник отдела 15
Начальник НИЛ 202

А.Н.Трофимов
К.Е.Балашов
В.Н.Колганов



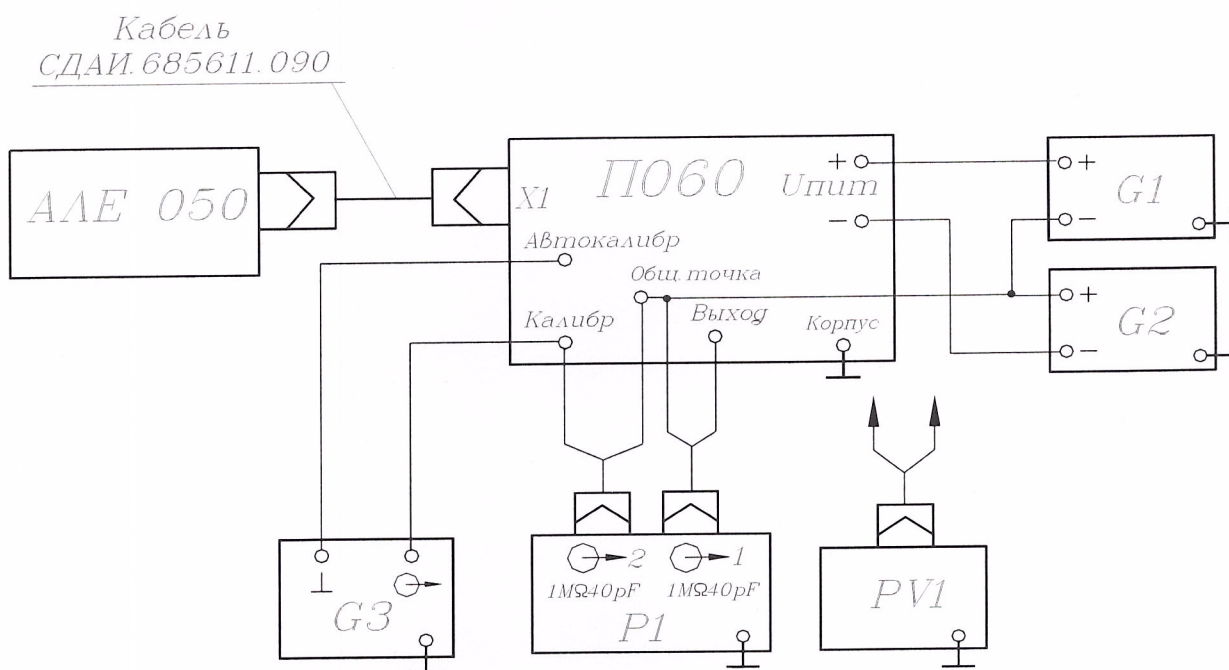
G1, G2 – источник питания постоянного тока Б5-49;
PV1 – вольтметр универсальный цифровой В7-34А.

Рисунок 1 – Схема для контроля характеристик акселерометра



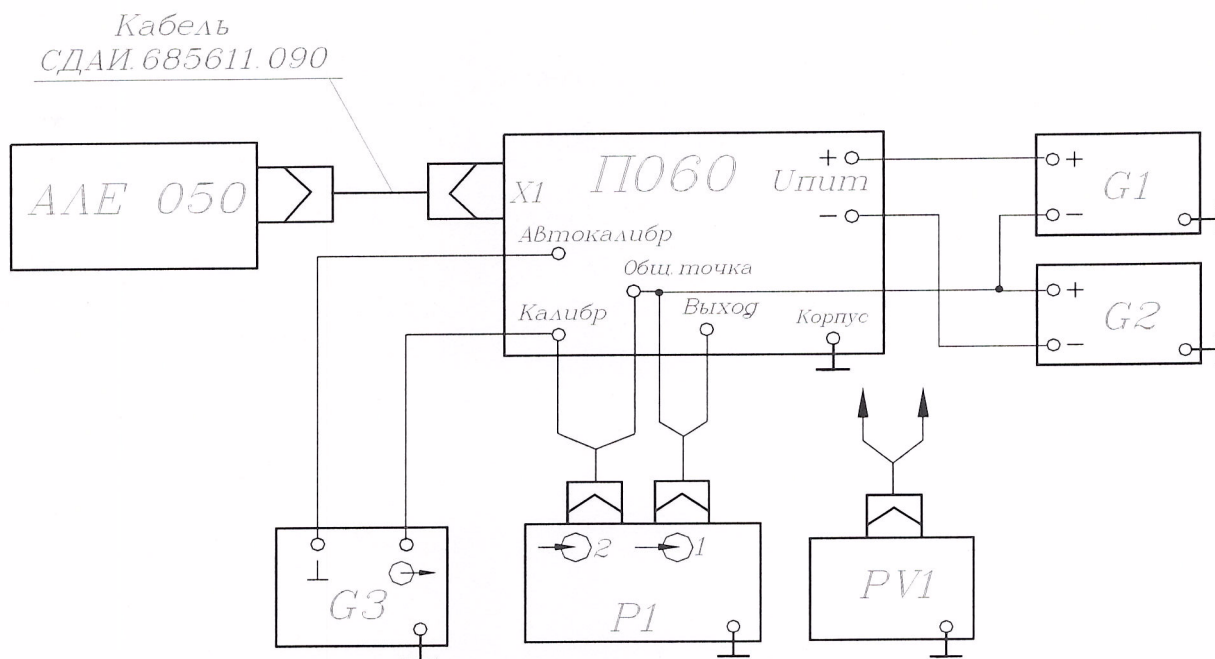
G1 – источник питания постоянного тока Б5-49;
PV1 – вольтметр универсальный цифровой В7-34А.

Рисунок 2 – Схема для контроля характеристик акселерометра на центрифуге



G1, G2 – источник питания постоянного тока Б5-49;
G3 – генератор сигналов специальной формы Г6-27;
PV1 – вольтметр универсальный В7-16А;
P1 – осциллограф универсальный двухканальный С1-82.

Рисунок 3 – Схема для определения АЧХ



- G1, G2 – источник питания постоянного тока Б5-49;
 G3 – генератор сигналов специальной формы Г6-27;
 PV1 – вольтметр универсальный В7-16А;
 P1 – измеритель разности фаз Ф2-34.

Рисунок 4 – Схема для определения ФЧХ