

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА»



Ю.К. Исаев
2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель центра испытаний
средств измерений АО «НИИФИ»



М.Е. Горшенин
08 2017 г.

АКСЕЛЕРОМЕТР АТ1105

Методика поверки
ИФДЖ.402139.006МП

2017 г.

Примечания:

1 Допускается применение других средств проверки, обеспечивающих требуемую точность определения проверяемых характеристик.

2 С целью метрологического обеспечения процесса поверки предприятие-изготовитель акселерометров должно представлять на поверку приспособления для установки на эталонные средства воспроизведения измеряемого ускорения, принадлежащие поверяющей организации. Конструкция приспособлений должна отвечать требованиям эксплуатационной документации на эталонные средства.

3 Акселерометры должны представляться на поверку с распаянными на их выводы кабелями ИЯМЖ.685621.145.

2 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1 Основные параметры акселерометра приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры акселерометра.

Номер пункта технических требований	Наименование параметра	Значение параметра				Примечание
		Класс точности				
		A	B	C	D	
2.1.1	Пределы изменения выходного напряжения, В	± 5	± 5	± 5	± 5	
2.1.2	Номинальный коэффициент преобразования для диапазонов измерений, мВ/(м·с ⁻²): ± 4,9 м·с ⁻² (± 0,5 g) ± 9,8 м·с ⁻² (± 1 g) ± 19,6 м·с ⁻² (± 2 g) ± 49,1 м·с ⁻² (± 5 g) ± 98,1 м·с ⁻² (± 10 g) ± 196,2 м·с ⁻² (± 20 g) ± 490,5 м·с ⁻² (± 50 g) ± 981 м·с ⁻² (± 100 g)	1020,4 510,2 255,1 101,8 51,0 25,5 10,2 5,1	1020,4 510,2 255,1 101,8 51,0 25,5 10,2 5,1	1020,4 510,2 255,1 101,8 51,0 25,5 10,2 5,1	1020,4 510,2 255,1 101,8 51,0 25,5 10,2 5,1	
2.1.3	Среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования от номинального значения при нормальной температуре окружающего воздуха + (20 ± 5) °С, %, не более	± 0,5	± 0,75	± 1,0	± 1,5	
2.1.4	Пределы допускаемого напряжения смещения нуля при нормальной температуре окружающего воздуха + (20 ± 5) °С, мВ	± 25	± 50	± 75	± 100	
2.1.5	Пределы допускаемой погрешности нелинейности градуировочной (выходной) характеристики составляют, %	± 0,5	± 0,75	± 1,0	± 1,5	
2.1.6	Диапазон частот измеряемых ускорений от 0 Гц до верхней частоты: - верхняя частота (по уровню минус 3 дБ) для диапазонов измерений, Гц, не менее: ± 4,9 м·с ⁻² (± 0,5 g) ± 9,8 м·с ⁻² (± 1 g) ± 19,6 м·с ⁻² (± 2 g) ± 49,1 м·с ⁻² (± 5 g) ± 98,1 м·с ⁻² (± 10 g) ± 196,2 м·с ⁻² (± 20 g) ± 490,5 м·с ⁻² (± 50 g) ± 981 м·с ⁻² (± 100 g)	100 200 300 500 700 900 1100 1400	100 200 300 500 700 900 1100 1400	100 200 300 500 700 900 1100 1400	100 200 300 500 700 900 1100 1400	

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные действующими «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.1.019, требования разделов «Указания мер безопасности», приведенных в эксплуатационной документации применяемых СИ.

3.2 К выполнению поверки могут быть допущены работники, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1 Нормальные условия при определении метрологических характеристик, определяющих результат измерений (нормальные условия) характеризуются:

- относительной влажностью воздуха от 45 до 80 %;
- атмосферным давлением от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст.);
- напряжением питания $U_{пит}$, равным $\pm (12,0 \pm 0,1)$ В с амплитудой пульсаций питающего напряжения, не превышающей 0,01 В в диапазоне частот до 5 кГц;
- температурой окружающей среды (20 ± 5) °С.

4.2 Допускаемые отклонения параметров испытательных режимов в течение всего времени поверки в контрольной точке не должны превышать:

- по частоте и по амплитуде виброускорения ± 2 %;
- по линейному ускорению $\pm 0,1$ %;
- по времени ± 10 %;
- по углу наклона измерительной оси акселерометра ± 10 °.

4.3 Перед началом и после каждого испытания (в необходимых случаях и в процессе испытаний) проводят внешний осмотр изделия на соответствие требованиям ТУ.

4.4 Применяемое при испытаниях оборудование должно быть надежно заземлено.

4.5 Подготовка акселерометра и контрольно-проверочной аппаратуры (пульта) к работе

4.5.1 Оптическую делительную головку установить на специальный жесткий фундамент (рисунок 1), который не должен колебаться с амплитудой более 1 мкм при частоте не более 2 Гц в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также не должен иметь угловых перемещений с амплитудой более одной угловой секунды при частоте не более 50 Гц.

Оптическая делительная головка на фундаменте должна быть установлена таким образом, чтобы ее ось была горизонтальна.

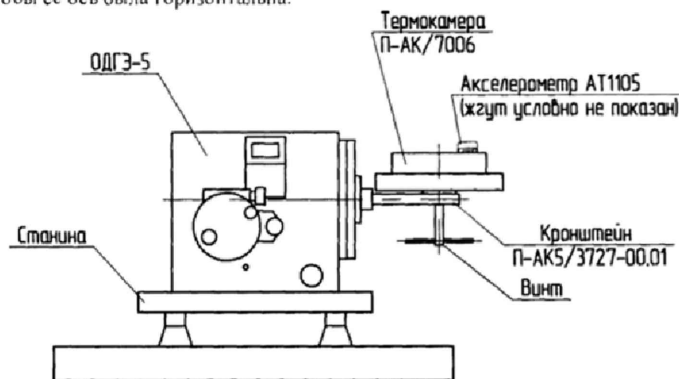


Рисунок 1 – Оборудование для проверки акселерометра

4.5.2 Кронштейн П-АК5/3727-00.01 вставить в шпindelь оптической делительной головки и закрепить винтом.

Посадочные поверхности кронштейна П-АК5/3727-00.01 и термокамеры П-АК/7006 тщательно протирают батистом, смоченным в спиртобензиновой смеси.

4.5.3 Термокамеру П-АК/7006 установить на кронштейн П-АК5/3727-00.01 и закрепить винтами.

Базовую поверхность термокамеры П-АК/7006 с помощью механизма оптической делительной головки выставить в горизонтальное положение с точностью $\pm 10''$ в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с помощью уровня.

Оценку выставки производить по среднему значению трех измерений, поворачивая уровень после каждого измерения на 180° вокруг оси, перпендикулярной к базовой плоскости.

4.5.4 Произвести распайку жгута 12 к выводам акселерометра в соответствии с рисунком 2 припоем ПОСК50-18 ГОСТ 21931-76 с флюсом ФКСп с последующей изоляцией места пайки трубками 305ТВ-40Т-1 \times 0,4, белый, ГОСТ 19034-82 длиной 15 мм. Пайку необходимо производить паяльником мощностью не более 50 Вт, время пайки одного провода не должно превышать 3 с. Паяльник должен быть заземлен через резистор 1 МОм $\pm 20\%$. Места пайки промыть нефрасом СЗ-80/120 ТУ38.401.67-108-92. Самопроизвольное смещение трубок не допускается.

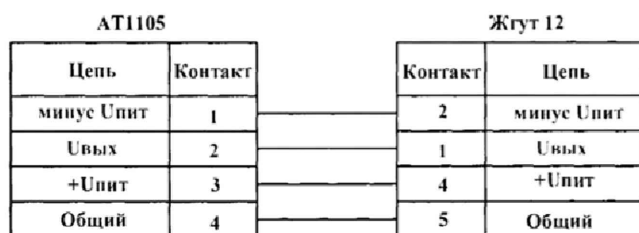


Рисунок 2 – Схема соединения акселерометра со жгутом 12

Посадочные поверхности акселерометра тщательно протереть батистом, смоченным в спиртобензиновой смеси, и закрепить акселерометр винтами на базовой поверхности термокамеры П-АК/7006.

Повернуть шпindelь оптической делительной головки на угол $\alpha_0 = \text{минус } 90^\circ$.

Данное положение акселерометра считать исходным.

Перед каждой проверкой параметров проверять надежность крепления акселерометра к базовой поверхности термокамеры П-АК/7006 и термокамеры к кронштейну П-АК5/3727-00.01.

4.5.5 Коммутирующие устройства пульта установить в положения в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 - Положения коммутирующих устройств пульта

Обозначение коммутирующего устройства	Наименование коммутирующего устройства	Исходное положение	Примечание
S1	Электропитание 15 В	ВЫКЛ.	
S2	Коммутация каналов	2	
S3	Ток цепи "+ 15 В"	ВЫКЛ.	
S4	Ток цепи "минус 15 В"	ВЫКЛ.	

Примечания

1 В дальнейшем тексте настоящей методике коммутирующие устройства именуются выключателями.

2 В дальнейшем в методике указываются положения тех выключателей, которые необходимо переключить в процессе данных проверок, те выключатели, о которых в методике не упоминается, занимают положения, указанные в таблице 3 настоящих ТУ.

4.5.6 Пульт соединить с внешними источниками электропитания Б5-47 жгутом 1, термокамеру – с пультом выходным жгутом термокамеры, акселерометр – с термокамерой жгутом 12 (рисунок 3).

4.5.7 Через жгут 1 подать на пульт напряжения постоянного тока + 12 В, минус 12 В от источников (ток на каждом источнике питания 0,03 А), соединенных по схеме, приведенной на рисунке 3.

Акселерометр считается включенным, если выключатель S1 установлен в положение ВКЛ., при этом на лицевой панели пульта должны загореться светодиоды V1, V2.

4.5.8 Выходное напряжение акселерометра снимать с гнезд X7, X20 пульта вольтметром В7-40 (⊥ на X7), работающим в режиме измерения постоянного напряжения (диапазон измерения 10 В).

Примечания

1 При проверке параметров акселерометра выставить магазином сопротивлений МСР-63, подключенным к гнездам X8, X21 пульта сопротивление нагрузки $R_n = 10000 \text{ Ом}$.

2 Проверку параметров акселерометра проводить не ранее чем через 1 с после включения акселерометра.

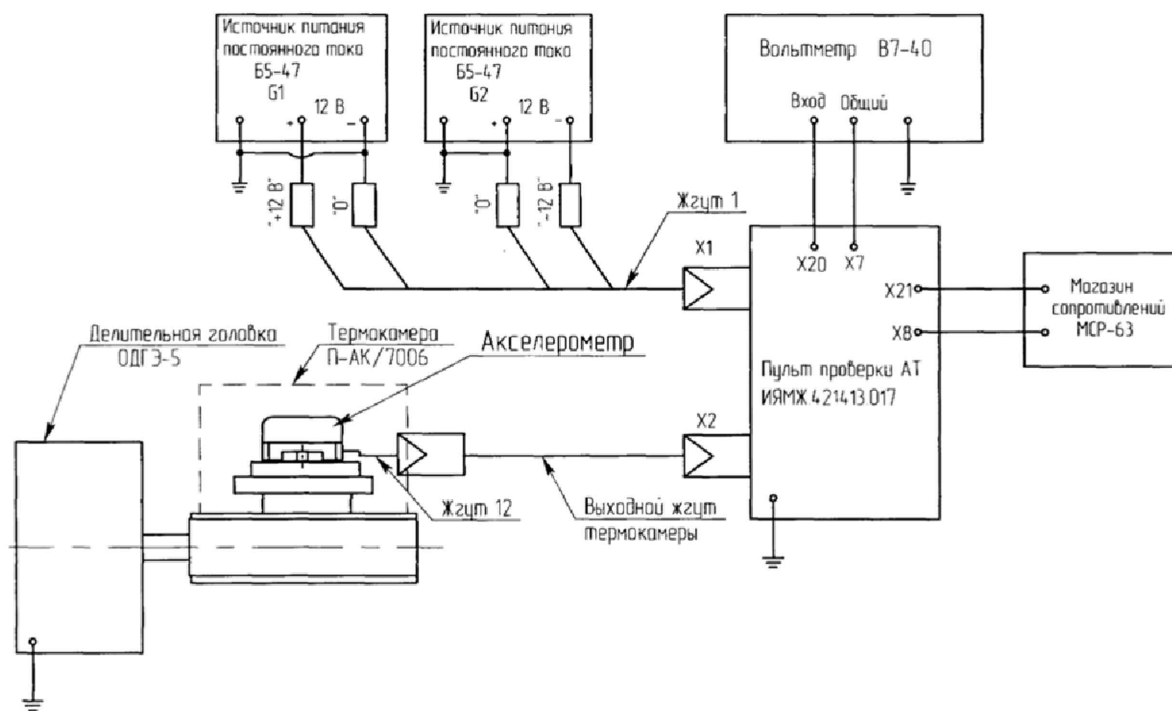


Рисунок 3 – Схема соединения акселерометра с контрольно-проверочной аппаратурой для проверки

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Рассмотрение документации

5.1.1 На поверку совместно с акселерометрами АТ1105 должны быть представлены следующие документы:

- настоящий документ, регламентирующий методику поверки акселерометров АТ1105;
- документ, в котором указана полная комплектность представленных на поверку акселерометров АТ1105;
- эксплуатационная документация на акселерометр АТ1105;
- технические условия на акселерометр АТ1105;
- техническое описание акселерометра АТ1105;
- свидетельство о предыдущей поверке акселерометров АТ1105.

5.1.2 При рассмотрении документации необходимо убедиться в том, что:

- ее комплектность соответствует требованиям 5.1.1;
- все средства поверки имеют документально подтвержденную пригодность для использования в операциях поверки.

5.2 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

- а) комплектность;
- б) маркировку;
- в) внешний вид акселерометра на соответствие чертежам ИФДЖ.402139.006СБ и ИФДЖ.402139.006ГЧ.

Внешний осмотр производят при дневном свете или искусственном освещении по нормам освещенности, установленным для производственных цехов машиностроения ("Естественное и искусственное освещение" СИ 52.13330.2011).

5.3 Проверка полярности выходного сигнала

5.3.1 Подготовить оборудование и акселерометр к работе по 5.5 настоящей методики.

5.3.2 Повернуть шпindelь оптической делительной головки на угол α (см. таблица 5) относительно угла α_0 по часовой или против часовой стрелки так, чтобы выходное напряжение акселерометра увеличивалось.

Считать этот угол положительным. Измерить выходное напряжение акселерометра U_1 .

5.3.3 Повернуть шпindelь оптической делительной головки на угол минус α относительно угла α_0 и измерить выходное напряжение акселерометра U_2 .

Проверка считается удовлетворительной, если значение U_1 имеет положительный знак, а значение U_2 – отрицательный.

5.4 Проверка пределов изменения выходного напряжения акселерометров в крайних точках диапазона измерений. Определение среднеквадратического отклонения коэффициента преобразования и пределов допускаемой нелинейности градуировочной (выходной) характеристики для акселерометров с диапазонами измерений более $9,8 \text{ мс}^{-2}$ (1 g)

5.4.1 Подготовку оборудования провести по 4.5.5 настоящей методики. Установить акселерометр в кронштейн П-АТ/9068, закрепить на платформе центрифуги GLS-4-600 в положении 1 (рисунок 4), что соответствует заданию положительных ускорений по оси + Z.

5.4.2 Жгутами 27, 28 соединить с пультом, акселерометр включить по 4.5.7 настоящей методики.

5.4.3 Измерить выходное напряжение акселерометра U_j^M при значениях ускорения, воспроизводимых центрифугой, равных 100 %, 75 %, 50 %, 25 % от диапазона измерений ($j=1, \dots, 4$).

5.4.4 Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра U_j^B при значениях ускорения, равных 25 %, 50 %, 75 %, 100 % от диапазона измерений ($j=4, \dots, 1$).

5.4.5 Акселерометр в кронштейне П-АТ/9068 закрепить на платформе центрифуги в положении 4 (рисунок 4), что соответствует заданию отрицательных ускорений по оси минус Z.

5.4.6 Измерить выходное напряжение акселерометра U_j^M при значениях ускорения, воспроизводимых центрифугой, равных 100 %, 75 %, 50 %, 25 % от диапазона измерений ($j=8, \dots, 5$).

5.4.7 Не меняя положения акселерометра, измерить выходное напряжение акселерометра U_j^B при значениях ускорения, равных 25 %, 50 %, 75 %, 100 % от диапазона измерений ($j=5, \dots, 8$).

Результаты определения градуировочной характеристики занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 4.

Таблица 4 - Результаты определения градуировочной характеристики акселерометров на центрифуге

Порядковый номер точки градуировки, j	Воспроизводимое ускорение, $X_j, \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$	Выходное напряжение, мВ		
		U_j^M (прямой ход)	U_j^B (обратный ход)	U_j (среднее значение)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

5.4.8 Определить среднее значение выходного напряжения акселерометра U_j в каждой точке градуировки по формуле:

$$U_j = \frac{U_j^M + U_j^B}{2}, \text{ (мВ)} \quad (1)$$

Полученные результаты расчетов занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 4.

5.4.9 Рассчитать среднее значение коэффициента преобразования K_{cp} по формуле:

$$K_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^8 U_j X_j}{\sum_{j=1}^8 X_j^2}, \text{ (мВ}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}) \quad (2)$$

5.4.10 Рассчитать оценку дисперсии D_a аппроксимации статической характеристики преобразования по формуле:

$$D_a = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^8 (b_{ц} + K_{ср} X_j - U_j)^2, \text{ (мВ}^2\text{)} \quad (3)$$

где $b_{ц} = \frac{\sum_{j=1}^8 U_j}{8}$ – оценка напряжения смещения нуля, мВ.

4.4.11 Рассчитать среднеквадратическое значение погрешности аппроксимации σ_a (нелинейности) статической характеристики преобразования:

$$\sigma_a = \frac{100}{N} \cdot \sqrt{D_a} \cdot (\%) \quad (4)$$

где N – нормирующее значение в мВ, равное $(U_1 - U_8)$, согласно таблице 4 настоящей методики..

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значение σ_a соответствует требованиям 2.1.5 таблицы 2 настоящей методики, выходное напряжение U_1 находится в интервале $+ (5000 \pm 200)$ мВ, а U_8 - в интервале минус (5000 ± 200) мВ.

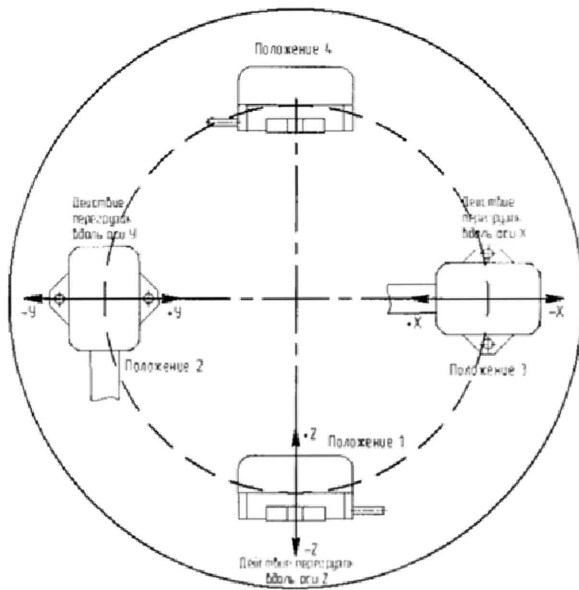


Рисунок 4 - Схема расположения акселерометр на центрифуге

5.5 Проверка выходного напряжения акселерометров в крайних точках диапазона измерений и среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования, и пределы допускаемой нелинейности градуировочной характеристики для акселерометров с диапазонами измерений $\pm 4,9 \text{ м·с}^{-2}$ (0,5 g) и $\pm 9,8 \text{ м·с}^{-2}$ (1 g). Определение пределов допускаемого изменения напряжения смещения нуля акселерометров

5.5.1 Провести подготовку акселерометра к испытаниям по 4.5.8 настоящей методики.

5.5.2 Повернуть шпindel головки на угол α (см. таблицу 5) относительно угла α_0 , соответствующий положительному значению выходного напряжения и измерить U_j^M ($j=1$).

5.5.3 Повторить операции по 5.5.2 при воспроизведении углов от α_1 до α_3 , затем от минус α_3 до минус α . Индексы измеренных выходных напряжений U_j^M ($j= 2, \dots, 8$), соответствующие 1, ..., 8 точкам прямого хода. Значения углов α и соответствующие им ускорения приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения углов наклона измерительной оси к горизонтали

Диапазон измерений, м·с^{-2} (g)	Угол наклона измерительной оси при снятии ГХ	Измеряемое ускорение X_1 , м·с^{-2}
$\pm 4,9$ (0,5)	30°	α
	23°	α_1
	15°	α_2
	8°	α_3
$\pm 9,8$ (1)	90°	α
	45°	α_1
	30°	α_2
	15°	α_3
$\pm 19,6$ (2); $\pm 49,1$ (5); $\pm 98,1$ (10); $\pm 196,2$ (20); $\pm 490,5$ (50); ± 981 (100)	90°	α

Примечание – g – значение местного гравитационного ускорения.

5.5.4 Повторить операции по 5.5.3, соответствующие точкам 8, ..., 1 обратного хода. Индексы измеренных выходных напряжений U_j^B ($j = 8, \dots, 1$).

Результаты испытаний занести в таблицу, аналогичную таблице 4.

5.5.5 Обработать результаты испытаний по формулам (1)-(4) настоящей методики.

5.5.6 Повернуть шпindel головки на угол α_0 и измерить выходное напряжение U_{01} .

5.5.7 Повернуть шпindel головки на угол 180° относительно α_0 и измерить выходное напряжение U_{02} .

Рассчитать значение напряжения смещения нуля U_0 по формуле:

$$U_0 = \frac{U_{01} + U_{02}}{2}, \text{ (мВ)} \quad (5)$$

Проверку считать удовлетворительной, если значение σ_a соответствует требованиям 2.1.5 таблицы 2 настоящей методики, выходное напряжение U_1 находится в интервале $\pm (5000 \pm 200)$ мВ, а U_8 - в интервале минус (5000 ± 200) мВ, а напряжение смещение нуля U_0 соответствует требованиям 2.1.4 таблица 2 настоящей методики.

5.6 Проверка среднеквадратического отклонения коэффициента преобразования

Используя результаты измерений по 5.4 и 5.5 настоящей методики, определить среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования γ_K от номинального значения K_H , указанного в 2.1.2 таблицы 2 настоящей методики:

$$\gamma_K = \frac{K_{cp} - K_H}{K_H} \cdot 100, (\%) \quad (6)$$

Результаты проверки считать удовлетворительными, если значение γ_K соответствует требованиям 2.1.3 таблицы 2 настоящей методики.

5.7 Проверка диапазона частот

5.7.1 Подготовить пульт по 4.5.5 настоящей методики, акселерометр установить в кронштейне П-АТ/7554 и закрепить на столе вибростенда в положении 1 согласно рисунку 5, соединить с пультом по 4.5.6 настоящей методики, при этом к соединителям X7, X20 пульта подключить вольтметр В7-40 (L на X7), работающий в режиме переменного напряжения, включить по 4.5.7 настоящей методики.

5.7.2 Воспроизвести на вибростенде синусоидальные колебания с частотой 30 Гц и амплитудой виброускорения, указанной в таблице 6. Измерить среднеквадратическое значение выходного напряжения акселерометра U_{bj} ($j = 1$).

5.7.3 Определить коэффициент преобразования акселерометра на указанной частоте по формуле:

$$K_B = \frac{U_{b1} \cdot \sqrt{2}}{g}, (\text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}) \quad (7)$$

где g – амплитуда виброускорения в $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$, согласно таблице 6 настоящей методики.

Значение K_B не должно отличаться от значения K_{cp} , более чем на суммарное среднеквадратическое значение погрешности воспроизведения ускорения и погрешности измерения эффективного значения напряжения. Для рекомендованных в приложении А ИФДЖ.402139.006ТУ средств поверки указанное значение составляет $\sqrt{2^2 + 1^2} = \pm 2,2 \%$.

Таблица 6 – Значения амплитуды воспроизводимого виброускорения

Шифр акселерометра	Амплитуда виброускорения, $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$ (g)
АТ1105-0,5	4,91 (0,5)
АТ1105-1	9,81 (1,0)
АТ1105-2	19,62 (2,0)
АТ1105-3	29,43 (3,0)
АТ1105-5	49,55 (5,0)
АТ1105-10	49,55 (5,0)
АТ1105-20	49,55 (5,0)
АТ1105-50	49,55 (5,0)
АТ1105-100	49,55 (5,0)

5.7.4 Увеличивать частоту колебаний виброускорения без изменения его амплитуды с шагом 25 Гц до тех пор, пока выходное напряжение акселерометра U_{bj} будет отличаться от выходного напряжения U_{b1} на минус 3 дБ или находиться в интервале от 0,707 до 0,709

U_{b1} . Значение частоты, при котором выходной сигнал акселерометра затухает на минус 3 дБ, считается частотой среза или верхней границей частотного диапазона измерений.

Проверка частотного диапазона измерений считается удовлетворительной, если значение частоты среза соответствует требованиям 2.1.6 таблицы 2 настоящей методики.

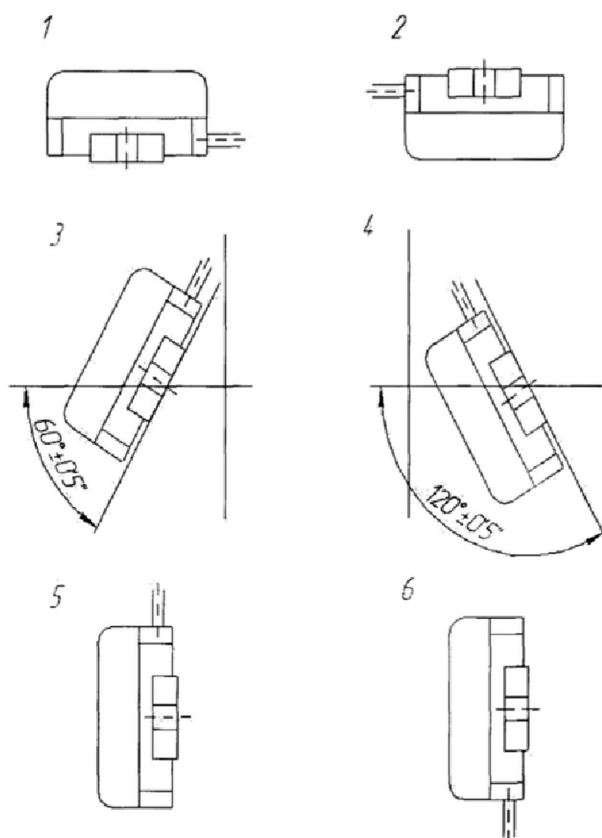


Рисунок 5 – Положение акселерометра

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Результаты поверки оформить в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. №1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверки».