



Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие
РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Аттестат аккредитации № RA.RU.311769

607188, Нижегородская обл. г. Саров, пр. Мира, д. 37
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232
E-mail: shvn@ofit.vniief.ru

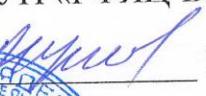
СОГЛАСОВАНО

Директор
ООО «ГлобалТест»


А.А. Кирпичев
«21» 03 2017



УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ЦИ СИ,
главный метролог
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»


В.Н. Щеглов
«21» 03 2017



Датчики ускорения AP2013

Методика поверки

A3009.0184.МП-17

2017

Содержание

1	Операции поверки.....	4
2	Средства поверки.....	4
3	Требования к квалификации поверителей.....	4
4	Требования безопасности.....	5
5	Условия поверки.....	5
6	Подготовка к проведению поверки.....	5
7	Проведение поверки.....	5
8	Оформление результатов поверки	8
	Приложение А (справочное) Электрическая схема датчика	9
	Приложение Б (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП	9
	Приложение В (справочное) Перечень принятых сокращений	8
	Приложение Г (справочное) Способ определения низшей частоты рабочего диапазона датчика.....	10

Настоящая методика поверки распространяется на датчики ускорения AP2013.

Датчик ускорения AP2013 (далее по тексту - датчик) предназначен для измерений ускорения по трём взаимноортогональным направлениям в измерительных системах параметров сейсмовзрывного воздействия при проведении научных исследований.

Принцип действия датчика основан на генерации электрического сигнала, пропорционального воздействующему ускорению.

Конструктивно датчик состоит из сферического корпуса и встроенного кабеля, защищённого металлическим кабелем и оканчивающегося розеткой соединителя. Внутри корпуса расположены три независимых пьезоэлектрических чувствительных элемента, ориентированные по осям системы координат. Пьезоэлектрические чувствительные элементы снабжены индивидуальными предусилителями, позволяющими снизить выходной импеданс и повысить мощность выходного сигнала датчика. Корпусные элементы датчика выполнены из титанового сплава. Корпус датчика (без соединителя) имеет степень защиты от внешних воздействий IP67.

Датчик имеет два исполнения, специфические особенности которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип исполнения	Отличительные особенности		
	Коэффициент преобразования, мВ/(м·с ⁻²) (мВ/g)	Диапазон рабочих частот, Гц	Максимальное значение амплитуды измеряемого ускорения, м/с ² (g*)
AP2013	0,102 (1,0)	от 0,1 до 500	39200 (4000)
AP2013-01	1,02 (10,0)	от 0,1 до 2000	980 (100)

* - 1 g = 9,807 м/с²

Крепление датчика осуществляется с использованием крепёжного устройства АГТ-Л454.600 из комплекта поставки.

Питание датчика осуществляется от внешнего источника постоянного тока напряжением от 18 до 30 В

Данная методика поверки устанавливает методику первичной и периодической поверок датчика. Первичной поверке датчики подвергаются при выпуске из производства и после ремонта. Организация и проведение поверки в соответствии с действующим «Порядок проведения поверки средств измерений...».

Межпроверочный интервал – 3 года.

Электрическая схема датчика приведена в приложении А.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте методики поверки, приведен в приложении Б.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении В.

1 Операции поверки

1.1 При проведении первичной и периодической поверок датчика должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

1.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 8.2.

1.3 Протокол поверки ведется в произвольной форме. При проведении периодической поверки допускается сокращать проверяемые режимы (диапазоны) измерений датчика в соответствии с потребностями потребителя, при этом в свидетельстве о поверке должна быть сделана запись об ограничении использования режимов (диапазонов) измерений.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр	7.1	+	+
2 Опробование	7.2	+	+
3 Проверка номинального коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального	7.3	+	+
4 Проверка рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики	7.4	+	+
5 Проверка максимального значения амплитуды измеряемого ускорения и нелинейности амплитудной характеристики	7.5	+	-
6 Проверка основной относительной погрешности датчика при измерении ускорения	7.6	+	+

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и точности измерений.

2.2 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке. Оборудование, необходимое для проведения испытаний, должно быть аттестовано согласно ГОСТ Р 8.568

3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускается персонал, изучивший ЭД на датчик, данную методику поверки и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во	Пункт МП
	Диапазон измерений	Погрешность измерений			
Поверочная виброустановка 2-го разряда по ГОСТ Р 8.800	от 0,1 до 2000 Гц, 200 м/с ²	±2,0 %	DVC-500	1	7.2, 7.3, 7.4, 7.5
Источник питания постоянного тока	от 18 до 30 В, не менее 500 мА	±2,0 %	SPD-73606	1	
Анализатор спектра	от 0,1 до 2000 Гц	±0,5 %	ZET 017	1	

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правилами устройства установок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0 и правилам по охране труда ПОТ РМ-016.

4.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на датчик, средства поверки и испытательное оборудование.

Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

5 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °C;
- относительная влажность окружающего воздуха до 80 %;
- требования к атмосферному давлению не предъявляются;
- напряжение питающей сети от 198 до 244 В;
- частота питающей сети от 49 до 51 Гц.

6 Подготовка к проведению поверки

6.1 Перед проведением поверки подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них.

6.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 5.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре необходимо проверить:

- целостность корпуса датчика;
- состояние поверхностей (отсутствие вмятин, царапин, задиров);
- отсутствие повреждений соединительных жгутов и разъёмов.

При наличии вышеуказанных дефектов испытания не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, датчик бракуют.

7.2 Опробование

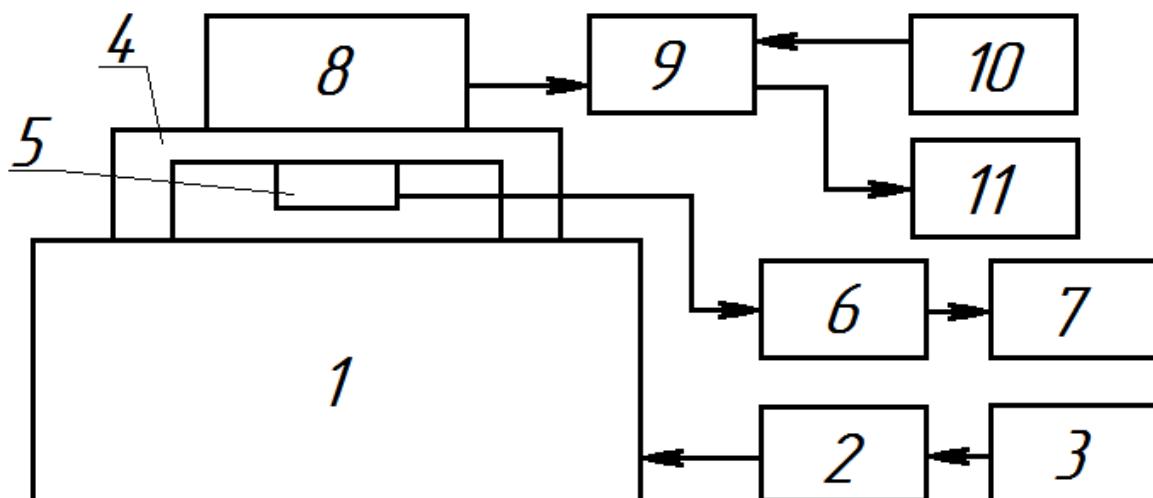
7.2.1 Опробование проводят на поверочной виброустановке 2-го разряда по ГОСТ Р 8.800. Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1.

Датчик, используя устройство АГТ-Л454.600, закрепляют при необходимости через технологический переходник (4) на столе вибростенда (1) так, чтобы ось Z совпадала с направлением колебаний, воспроизводимых виброустановкой. Конструкция технологического переходника должна обеспечивать соосность измерительных осей датчика и эталонного ВИП. Включают и прогревают измерительные приборы в соответствии с ЭД на них.

7.2.2 Воспроизводят на частоте (80 ± 2) Гц уровень СКЗ виброускорения не менее 10 м/с^2 и фиксируют выходной сигнал датчика.

7.2.3 Повторяют операции по 7.2.1 и 7.2.2 для осей X и Y.

7.2.3 Датчик считают работоспособным, если уровень выходного сигнала превышает уровень помех не менее чем в 10 раз (20 дБ).



1 - вибростенд;

2 - усилитель мощности;

3 - генератор;

4 - технологический переходник;

5 - эталонный ВИП

6 - согласующий усилитель;

7, 11 - регистратор;

8 - испытуемый датчик;

9 - согласующее устройство AG02-3-02;

10 - источник питания постоянного тока ($U = 22$ В)

Рисунок 2 - Схема измерений

Примечания

1 При наличии в регистраторе входа для подключения преобразователей со встроенной электроникой типа ICP®, применение блока питания (10) и согласующего устройства (9) не требуется.

2 Конструкция датчика позволяет закреплять эталонный ВИП поверочной виброустановки непосредственно сверху датчика с помощью шпильки M5.

7.3 Проверка номинального коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального

7.3.1 Проверку номинального коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального проводят в соответствии с 10.11 ГОСТ Р 8.669 на частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц.

7.3.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если действительный коэффициент преобразования находится в пределах:

- $0,102 \text{ мВ}/(\text{м}\cdot\text{с}^2) \pm 20\%$ для модификации AP2013;
- $1,02 \text{ мВ}/(\text{м}\cdot\text{с}^2) \pm 20\%$ для модификации AP2013-01.

7.4 Проверка рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики

7.4.1 Проверка частотного диапазона и неравномерности частотной характеристики проводят в соответствии с 10.13 ГОСТ Р 8.669.

Примечание – При отсутствии технической возможности воспроизведения требуемой величины ускорения на низких частотах, допускается низшую частоту рабочего диапазона датчика определять в соответствии с приложением Г.

7.4.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если неравномерность частотной характеристики относительно значения на базовой частоте 80 Гц находится в пределах $\pm 12,5\%$ в рабочем диапазоне частот.

7.5 Проверка максимального значения амплитуды измеряемого ускорения и нелинейности амплитудной характеристики

7.5.1 Проверку максимального значения амплитуды измеряемого ускорения и нелинейности амплитудной характеристики проводят в соответствии с 10.14 ГОСТ Р 8.669.

7.5.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если нелинейность амплитудной характеристики находится в пределах $\pm 4\%$.

7.6 Проверка основной относительной погрешности датчика при измерении ускорения

7.6.1 Проверку основной относительной погрешности датчика при измерении ускорения проводят по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_M^2 + \delta_H^2 + \delta_{\chi_X}^2 + \delta_{AX}^2}, \quad (1)$$

где 1,1 - коэффициент, определяемый доверительной вероятностью 0,95;

δ_M - погрешность задания ускорения на базовой частоте (из описания на поверочную виброустановку), %;

δ_H - погрешность измерения выходного напряжения датчика (определяется классом точности применяемого регистратора), %;

δ_{χ_X} - неравномерность частотной характеристики в требуемом диапазоне по 7.4, %;

δ_{AX} - нелинейность амплитудной характеристики по 7.5, при периодической поверке значение δ_{AX} принимается равным 4 %.

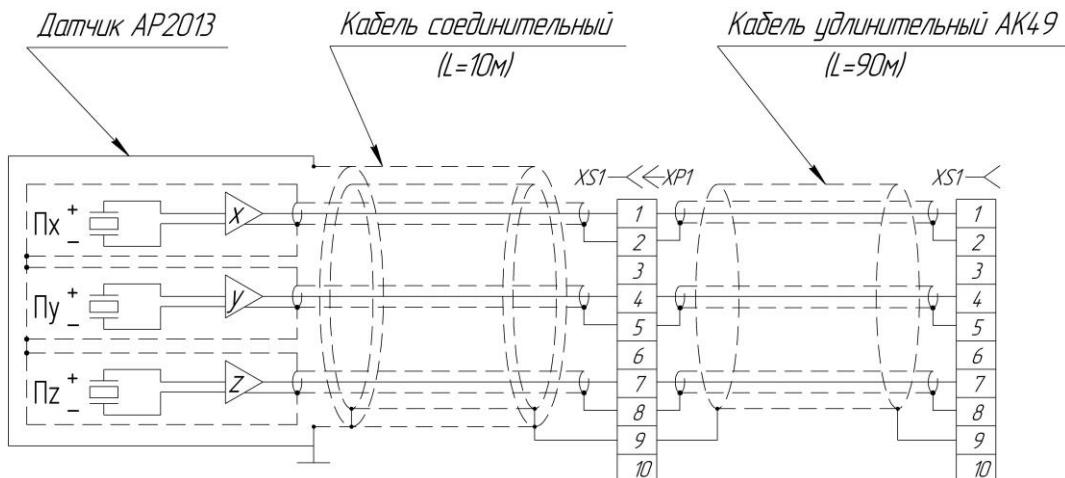
7.6.2 Датчик считаю выдержавшим испытания, если основная относительная погрешность при измерении ускорения находится в пределах $\pm 15\%$ в требуемом амплитудном и частотном диапазонах.

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке датчика по форме, установленной в действующих нормативных документах. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.2 Датчик, не прошедший поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, установленной в действующих нормативных документах.

Приложение А
(справочное)
Электрическая схема датчика



Приложение Б
(справочное)
Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
ГОСТ Р 8.568-97	ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения
ГОСТ Р 8.669-2009	ГСИ. Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихревоковыми преобразователями. Методика поверки
ГОСТ Р 8.800-2012	ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещений, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^4$ Гц
	Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке. Введен приказом Минпромторга России от 02 июля 2015г. № 1815
ПОТ РМ-016-2001	Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок

Приложение В
(справочное)
Перечень принятых сокращений

ВИП – вибропризмерительный преобразователь
МП – методика поверки;
СИ – средство(а) измерений;
СКЗ – среднее квадратическое значение;
ЭД – эксплуатационная документация.

Приложение Г (справочное)

Способ определения низшей частоты рабочего диапазона датчика

Г.1 Расчетный метод

Неравномерность ЧХ в низкочастотной области допускается определять расчёты путём по формуле

$$\gamma_i = \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot \tau)^2} + 1}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (\Gamma.1)$$

где f_n - нижняя рабочая частота датчика, Гц;

τ - постоянная времени, с, определяемая по формуле

$$\tau = R \cdot C, \quad (\Gamma.2)$$

где R - входное сопротивление встроенного предусилителя, для AP2013 (AP2013-01) не менее $5 \cdot 10^9$ Ом;

C - суммарная ёмкость пьезокерамики и встроенного предусилителя, для AP2013 (AP2013-01) не менее $8 \cdot 10^{-10}$ Ф.

Г.2 Метод экспериментального определения постоянной времени

Экспериментальное определение постоянной времени может проводиться путем импульсного воздействия постоянного ускорения свободного падения на датчик. Направление воздействия ускорения свободного падения должно совпадать с осью чувствительности датчика. Реализация такого воздействия осуществляется при сбросе датчика с некоторой высоты и записи изменения его выходного сигнала на цифровой регистратор. Датчик ориентируется осью чувствительности вниз и сбрасывается с высоты от 1,0 до 1,5 м, при этом необходимо предпринять меры для предотвращения повреждения соединительного кабеля и самого датчика (обеспечить плавное его торможение).

Расчет постоянной времени проводится исходя из уравнения

$$q = Q \cdot e^{-t/R \cdot C}, \quad (\Gamma.3)$$

где q - текущее значение выходного заряда пьезоэлемента датчика, пКл;

Q - начальное значение выходного заряда пьезоэлемента датчика, пКл;

R - входное сопротивление встроенного усилителя, Ом;

C - полная ёмкость пьезоэлемента, Ф;

t - время вычисления текущего значения выходного заряда, с;

e - основание натурального логарифма, $e = 2,718$.

В соответствии с уравнением (Г.3) в течении времени

$$t = 0,1 \cdot R \cdot C, \quad (\Gamma.4)$$

происходит снижение величины заряда на электродах пьезоэлемента на 10 %.

Таким образом постоянную времени τ , с, можно вычислить по формуле

$$\tau = R \cdot C = t / 0,1 \quad (\Gamma.5)$$

На рисунке Г.1 приведен пример практической реализации данного метода.

После экспериментального определения величины τ , неравномерность частотной характеристики рассчитывают по формуле (Г.1).

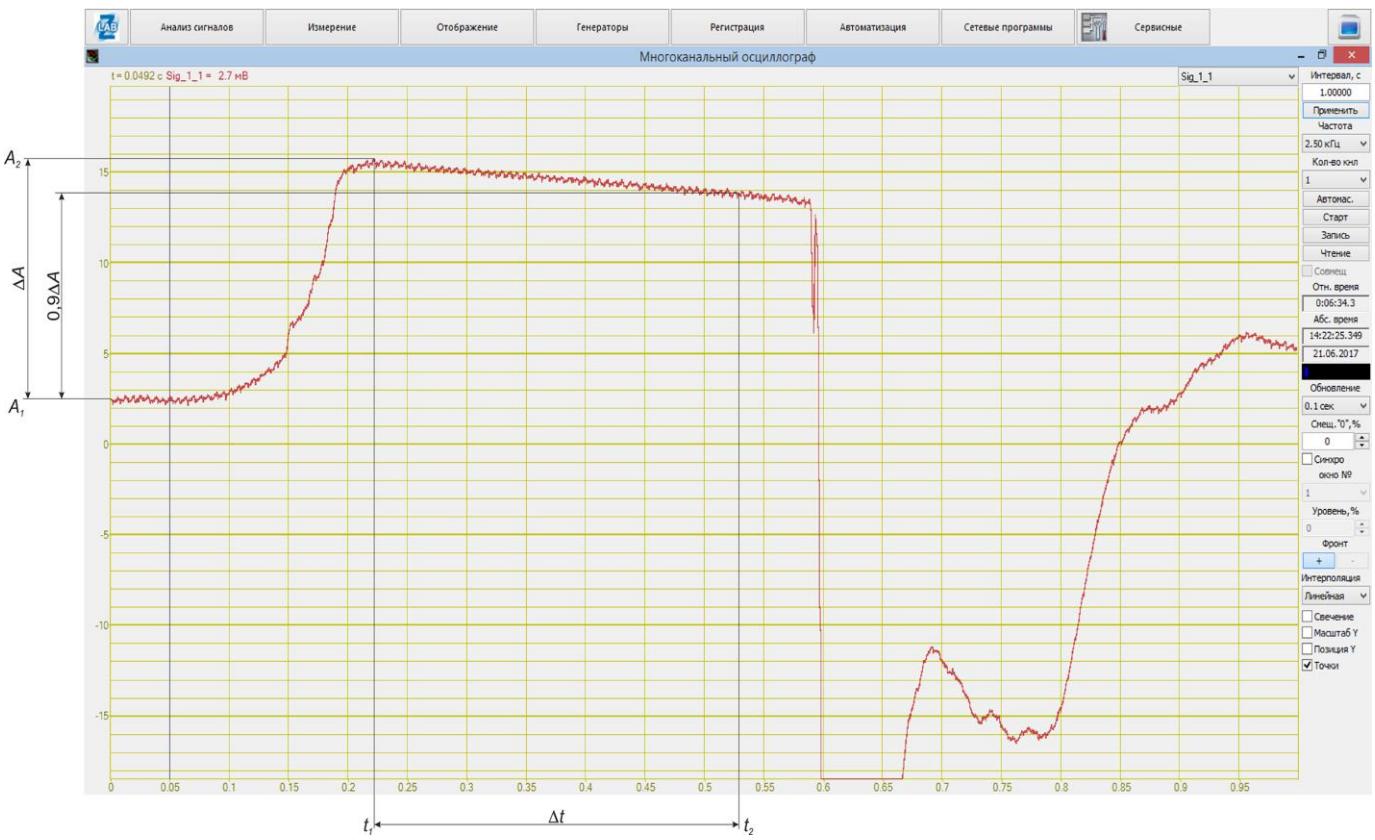


Рисунок Г.1 – Выходной сигнал датчика ускорения AP2013 при свободном падении

Выходной сигнал датчика AP2013 при свободном падении с высоты 1 м зарегистрирован с помощью анализатора спектра ZET 017. На рисунке приняты следующие обозначения:

A_1 - уровень напряжения на выходе датчика при нулевом воздействии;

A_2 - максимальный уровень напряжения при сбросе датчика;

ΔA - амплитуда выходного сигнала датчика при воздействии ускорения свободного падения $A \approx 9,807 \text{ м/с}^2$;

$0,9 \cdot \Delta A$ - амплитуда выходного сигнала на уровне 0,9;

t_1 - время, при котором зарегистрирован максимальный уровень напряжения, $t_1 = 209 \text{ мс}$;

t_2 - время при котором зарегистрирован уровень $0,9 \cdot \Delta A$, $t_2 = 536 \text{ мс}$;

Δt - время, за которое амплитуда выходного сигнала датчика снижается на 10 %, $\Delta t = t_1 - t_2 = 536 - 209 = 327 \text{ мс}$.

В соответствии с формулой (Г.5), постоянная времени равна

$$\tau = \Delta t / 0,1 = 3,27 \text{ с.}$$

Неравномерность частотной характеристики датчика ускорения AP2013 при экспериментальном определении τ , вычисленная в соответствии с формулой (Г.1), приведена в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – неравномерность частотной характеристики

$F, \text{ Гц}$	0,1	0,3	0,5	1	3
$\tau, \text{ с}$	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
$Y, \%$	-10,09	-1,29	-0,47	-0,12	-0,02