

Р Ф Я Ц
ВНИИЭФ

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@olit.vniief.ru

СОГЛАСОВАНО

Директор
ООО «ГлобалТест»

 А.А. Кирпичев
« 21 » 12 2017



УТВЕРЖДАЮ

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

 В.Н. Щеглов
« 21 » 12 2017



Вибропреобразователи серии AP20XX

Методика поверки

A3009.0235.МП-17

Содержание

1	Операции поверки.....	4
2	Средства поверки.....	4
3	Требования к квалификации поверителей.....	5
4	Требования безопасности.....	5
5	Условия поверки.....	6
6	Подготовка к проведению поверки.....	6
7	Проведение поверки.....	6
8	Оформление результатов поверки.....	9
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП.....	10
	Приложение Б (справочное) Перечень принятых документов.....	10
	Приложение В (справочное) Перечень принятых документов.....	11

Настоящая методика поверки распространяется на вибропреобразователи серии AP20XX.

Вибропреобразователь серии AP20XX (далее по тексту - датчик) предназначен для измерений вибрационных и ударных ускорений в системах технической диагностики и мониторинга, а также в лабораторных и научных исследованиях.

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

В конструкции датчиков использована механическая схема с пьезоэлементом, работающим на сдвиг, и встроенный унифицированный усилитель, обеспечивающий широкий диапазон питающего напряжения (от +18 до +30 В) и тока (от 2 до 20 мА). Датчик AP2017 имеет кварцевый чувствительный элемент, работающий по компрессионной схеме.

В зависимости от диапазонов измерений и конструктивных особенностей датчики выпускаются в нескольких модификациях. Каждая модификация может иметь несколько исполнений, отличающихся номинальным значением коэффициента преобразования, типом соединителя или способом крепления к объекту контроля. Материал корпуса – нержавеющая сталь или титановый сплав.

Датчики могут поддерживать технологию опроса TEDS (Transducer Electronic Data Sheet), обеспечивающую возможность автоматического определения типа датчика и его технических характеристик в соответствии со стандартом IEEE P1451.4.

Структура обозначений датчиков (символы «X» могут отсутствовать):

AP20	XX	XX	XX	X
				T - поддержка технологии опроса TEDS; N - нормированный коэффициент преобразования $\pm 2\%$
			индекс исполнения	
		значение коэффициента преобразования, мВ/г (до четырех символов)		
	индекс модификации (до трех символов)			

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...».

Межповерочный интервал – 1 год.

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

Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б.

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 Проверка электрического сопротивления изоляции	7.2*	+	-
3 Опробование	7.3	+	+
4 Проверка действительного значения коэффициента преобразования	7.4	+	+
5 Проверка частотного диапазона и неравномерности частотной характеристики	7.5	+	+
6 Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики	7.6	+	-
7 Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования	7.7	+	-
8 Определение частоты установочного резонанса	7.8	+	-
9 Проверка основной относительной погрешности при измерении виброускорения	7.9	+	+
* - только для модификаций с электрической изоляцией сигнальных выводов от корпуса			

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

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 0,5 до 20000 Гц; 400 м/с ²	±2,0 %	DVC-500 (рег. № 58770-14)	1	7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7
Вторичный эталон единиц длины, скорости и ускорения при прямолинейном колебательном движении твердого тела в диапазоне значений частот от 0,1 до 20000 Гц и ускорений от 0,001 до 400 м/с ²	от 0,1 до 20000 Гц; 400 м/с ²	±0,2 %	ВЭТ 58-7-2016	1	7.5 ¹
Мегаомметр	от 10 до 1000 МОм	±10 %	Е6-24/1 (рег. № 47135-11)	1	7.2 ²
Установка баллистическая	от 1000 до 80000 м/с ²	±6,0 %	AP8001 (рег. № 41845-09)	1	7.6 ²
Осциллограф цифровой	от 0,1 до 10 В	±3,0 %	TDS 2022C (рег. № 48471-11)	1	7.8 ²
Источник питания постоянного тока	от 18 до 30 В; не менее 100 мА	±2,0 %	SPD-73606 (рег. № 55897-13)	1 ³	7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8
Согласующее устройство	-	-	AG02	1 ³	

¹ - только для модификации AP2006 (рабочий диапазон частот от 0,1 до 2000 Гц);
² - только для первичной поверки;
³ - не требуется, если поверочная виброустановка оснащена входом, для подключения датчиков со встроенным усилителем ($U_{п} = +(18...30)$ В; $I_{п} = (2...20)$ мА), например: измерительный усилитель AP5110 (рег. № 57588-14), измерительный усилитель AP5200 (рег. № 53161-13) и т.д.

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.

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 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 80 %;
- атмосферное давление не нормируется;
- 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.

Крепление датчика проводят в соответствии с ГОСТ ИСО 5348.

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 Проверка электрического сопротивления изоляции

7.2.1 Испытания проводят только для модификаций с электрической изоляцией сигнальных выводов от корпуса.

Перед проведением измерений снимают статический разряд с поверяемого датчика путем короткого замыкания сигнальных контактов (выводов) соединительного кабеля с корпусом соединителя.

Электрическое сопротивление изоляции измеряют между корпусом датчика и соединенными вместе сигнальными выводами при испытательном напряжении 100 В.

Мегаомметр, например, Е6-24/1, подключают к соединителю кабеля датчика через ответную часть соединителя.

7.2.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если электрическое сопротивление изоляции между корпусом датчика и соединенными вместе сигнальными выводами составляет не менее 500 МОм.

7.3 Опробование

7.3.1 Опробование проводят на поверочной виброустановке 2-го разряда по ГОСТ Р 8.800. Датчик устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник. Включают и прогревают измерительные приборы в соответствии с ЭД на них.

7.3.2 Воспроизводят на частоте (200 ± 2) Гц уровень СКЗ виброускорения $(10,2 \pm 0,2)$ м/с² (5 м/с² для модификации AP2006).

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

7.4 Проверку действительного значения коэффициента преобразования

7.4.1 Проверку действительного значения коэффициента преобразования проводят в соответствии с 10.11 ГОСТ Р 8.669 на частоте $(200,0 \pm 0,1)$ Гц.

Примечание – При проведении периодической поверки допускается в качестве базовой использовать другие значения частот, например, 40, 80 или 160 Гц.

7.4.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %, находится в пределах:

- для исполнений AP20XX-XX-XX-XX-X ± 10 %;
- для исполнений AP20XX-XX-XX-XX-N ± 2 %.

7.5 Проверка частотного диапазона и неравномерности частотной характеристики

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

При проведении периодической поверки, в случае, когда используемый вибровозбудитель не обеспечивает определение коэффициента преобразования во всем частотном диапазоне, неравномерность частотной характеристики в низкочастотной области определяют расчётным путём по формуле

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

где f - нижняя рабочая частота датчика, Гц;

τ - постоянная времени, с, определяемая по формуле

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

где R - входное сопротивление встроенного предусилителя, $1 \cdot 10^9$ Ом;

C - суммарная ёмкость пьезокерамики и встроенного предусилителя, $1 \cdot 10^{-9}$ Ф (3000 пФ для AP2006-XX-XX).

Неравномерность частотной характеристики в высокочастотной области определяют расчётным путём по формуле

$$\gamma_i = \left(\frac{1}{1 - (f_b / f_o)^2} - 1 \right) \cdot 100, \quad (3)$$

где f_b - верхняя рабочая частота датчика, Гц;
 f_o - частота установочного резонанса датчика, Гц, измеренная по 7.8.

7.5.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если неравномерность частотной характеристики находится в пределах $\pm 12,5$ %.

7.6 Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики

7.6.1 Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики проводят в соответствии с 10.14 ГОСТ Р 8.669.

7.6.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если нелинейность амплитудной характеристики находится в пределах ± 4 %.

7.7 Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования

7.7.1 Проверку относительного коэффициента поперечного преобразования проводят в соответствии с 10.12 ГОСТ Р 8.669.

7.7.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если относительный коэффициент поперечного преобразования составляет:

- не более 3 % для исполнений AP2030-03, AP2031-01;
- не более 5 % для остальных датчиков серии AP20XX.

7.8 Проверка основной относительной погрешности датчика при измерении виброускорения

7.8.1 Проверку основной относительной погрешности датчика δ , %, при измерении виброускорения проводят по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_o^2 + \delta_{II}^2 + \delta_{KT}^2 + \delta_{И}^2 + \gamma_{CX}^2 + \delta_{AX}^2}, \quad (4)$$

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

δ_o - погрешность эталонного средства измерений (из описания на поверочную виброустановку), %;

δ_{II} - погрешность, вызванная наличием поперечного движения вибростола поверочной виброустановки, %, определяемая по формуле

$$\delta_{II} = \frac{K_{ПВС} \cdot K_{ВИП}}{100}, \quad (5)$$

где $K_{ПВС}$ - коэффициент поперечного движения вибростола поверочной виброустановки, %;

$K_{ВИП}$ - относительный коэффициент поперечного преобразования поверяемого датчика по 7.7, %;

δ_{KT} - погрешность, вызванная наличием высших гармонических составля-

ющих в законе движения вибростола поверочной виброустановки, %, определяемая по формуле

$$\delta_z = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{K_{z.k.}}{100} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100, \quad (6)$$

где $K_{z.k.}$ – значение коэффициента гармоник в законе движения вибростола поверочной виброустановки (из описания на поверочную виброустановку), %;

δ_{II} – погрешность измерений выходного напряжения датчика (определяется классом точности применяемого регистратора и согласующего усилителя), %;

$\gamma_{чх}$ – неравномерность частотной характеристики по 7.5, %;

δ_{AX} – нелинейность амплитудной характеристики по 7.6, %.

7.8.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если основная относительная погрешность при измерении виброускорения находится в пределах ± 15 %.

Примечания

1 При проведении периодической поверки значения относительного коэффициента поперечного преобразования $K_{ВПП}$, %, и нелинейности амплитудной характеристики δ_{AX} , %, определяются по паспортным данным.

2 При оформлении результатов поверки относительную погрешность датчика допускается указывать в нескольких частотных и амплитудных диапазонах. Пример приведен в приложении В.

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 и (или) в паспорт.

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)
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 ИСО 5348-2002	Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров
ГОСТ Р 8.568-97	ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения
ГОСТ Р 8.669-2009	ГСИ. Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихретоковыми 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 Б
(справочное)
Перечень принятых сокращений

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

Приложение В (справочное)

Пример записи на оборотной стороне свидетельства

В.1 Пример протокола периодической поверки вибропреобразователя серии AP20XX приведен на рисунке В.1. Периодическая поверка выполнена метрологической службой РФЯЦ-ВНИИЭФ с использованием вторичного эталона единиц длины, скорости и ускорения при прямолинейном колебательном движении твердого тела в диапазоне значений частот от 0,1 до 20000 Гц и ускорений от 0,001 до 400 м/с² ВЭТ 58-7-2016.



Федеральное государственное унитарное предприятие
Российский Федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»
(ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»)
Метрологическая служба

Протокол поверки № _____

Данные ИП

Модель: AP2037-10
Серийный № 6266
Изготовитель GlobalTest

Описание: ICP(r) Accelerometer

Результат поверки

Козф. преобр. на 200 Hz: 1.0648 mV/m/s²
Фаза на 200 Hz: -0.25 deg.
Уровень ускорения: 9.81 m/s²

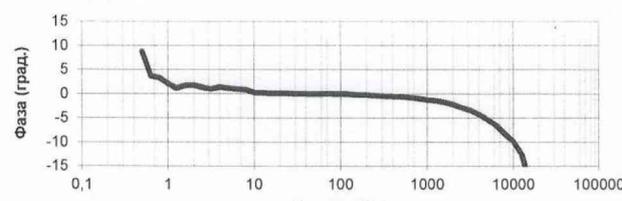
Метрол. характеристики ИП

Диапазон ампл: ± 5000 m/s²
Разрешение: 0 m/s²
Рез. частота: ≥ 42325 Hz
Темп. диапазон: -50 до 125 C

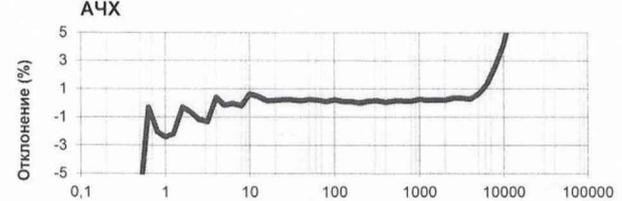
Кол-во осей: Uni-Axial

Частота (Гц)	Чувствит.	Отклон. %	Фаза (град.)
0,5	0.9943	-6.6245	8.7919
0,63	1.0615	-0.3161	3.6829
1	1.0390	-2.4242	2.1205
1,25	1.0415	-2.1875	1.1719
1,6	1.0618	-0.2885	1.7434
2	1.0578	-0.6632	1.7955
2,5	1.0523	-1.1765	1.3076
3,15	1.0508	-1.3196	1.0123
4	1.0689	0.3846	1.3974
5	1.0630	-0.1675	1.1411
6,3	1.0644	-0.0421	1.0169
10	1.0715	0.6269	0.2438
12,5	1.0699	0.4795	0.1859
16	1.0664	0.1467	0.0760
20	1.0667	0.1789	0.1267
25	1.0674	0.2406	0.0850
31,5	1.0671	0.2170	-0.0356
40	1.0664	0.1451	0.0013
50	1.0675	0.2521	-0.1081
63	1.0669	0.1984	-0.0381
80	1.0659	0.0981	-0.0477
100	1.0673	0.2288	-0.0643
125	1.0659	0.1004	-0.0844
160	1.0659	0.0986	-0.2249
200	1.0648	0.0000	-0.2546
250	1.0662	0.1250	-0.3518
315	1.0667	0.1732	-0.4753
400	1.0654	0.0539	-0.5218
500	1.0665	0.1523	-0.5718
630	1.0663	0.1423	-0.7360
800	1.0662	0.1265	-0.9609
1000	1.0676	0.2564	-1.2442
1250	1.0668	0.1808	-1.4665
1600	1.0672	0.2241	-1.7787
2000	1.0671	0.2102	-2.2517
2500	1.0685	0.3412	-2.8471
3150	1.0684	0.3329	-3.4448
4000	1.0679	0.2890	-4.2694
5000	1.0718	0.6537	-5.3259
6300	1.0792	1.3475	-6.4978
8000	1.0931	2.6548	-8.2926
10000	1.1095	4.1914	-9.8532
12500	1.1372	6.7958	-12.5641
15000	1.1581	8.7590	-17.6886

ФЧХ

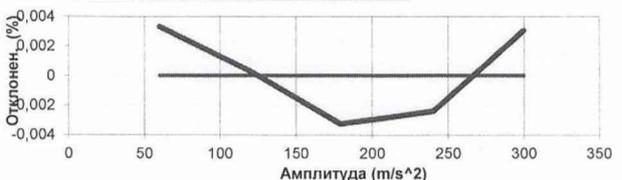


АЧХ



Нелинейность

Ускор. (m/s ²)	Чувствит. (mV/m/s ²)	Отклон. (%)
59.9	1.0660	0.0033
119.9	1.0659	0.0003
179.1	1.0658	-0.0033
240.3	1.0658	-0.0024
299.7	1.0659	0.0031



Условия поверки

Температура: 23 C
Влажность: 40 %

Подписи:
Поверитель: Alexander Bochkov
Подпись:

Дата поверки: 27/04/17
Годен до: 27/04/18

Cal ID: 290

Рисунок В.1 – Протокол периодической поверки АР2037-10 зав. № 6266

В.2 По результатам периодической поверки датчика АР2037-10 зав. № 6266 в соответствии с ГОСТ Р 8.669 на оборотной стороне свидетельства может быть сделана следующая запись:

1 Действительное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 200 Гц, K_{∂} , мВ/(м·с⁻²).....1,065

2 Неравномерность частотной характеристики:

- в диапазоне частот от 0,5 до 15000 Гц, $\gamma_{чх}$, %, в пределах.....±8,8;

- в диапазоне частот от 1 до 10000 Гц, $\gamma_{чх}$, %, в пределах.....±4,2;

- в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц, $\gamma_{чх}$, %, в пределах.....±0,7

3 Границы основной относительной погрешности вибропреобразователя при доверительной вероятности 0,95:

- в диапазоне частот от 0,5 до 15000 Гц, δ , %,.....±10,7;

- в диапазоне частот от 1 до 10000 Гц, δ , %,.....±6,5;

- в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц, δ , %,.....±4,6.

При расчете основной относительной погрешности в соответствии с формулой (4) принимались следующие значения: $\delta_0 \leq 0,5\%$; $K_{ПВС} \leq 10\%$; $K_{ВИП} \leq 5\%$; $K_{з.к.} \leq 10\%$; $\delta_{АХ} \leq 4\%$; $\delta_{И} \leq 0,2\%$.

В.3 Если датчик используется только в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц и диапазоне амплитуд до 300 м/с², то по заявлению пользователя на оборотной стороне свидетельства может быть сделана следующая запись:

1 Действительное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 200 Гц, K_{∂} , мВ/(м·с⁻²).....1,065

2 Неравномерность частотной характеристики в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц, $\gamma_{чх}$, %, в пределах.....±0,7;

3 Границы основной относительной погрешности вибропреобразователя при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц и амплитуд до 300 м/с², δ , %, в пределах.....±1,3