



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

Главный метролог
 ООО «ГлобалТест»


 А.А. Симчук
 «08» 08 2018 г

 М.п.

УТВЕРЖДАЮ

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


 В.Н. Щеглов
 «08» 08 2018 г


Вибропреобразователь AP1077

Методика поверки

A3009.0265.МП-2018

Содержание

1	Операции поверки.....	4
2	Средства поверки.....	4
3	Требования к квалификации поверителей.....	5
4	Требования безопасности.....	5
5	Условия поверки.....	5
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 сокращений.....	10
	Приложение В (справочное) Пример записи на обратной стороне свидетельства.....	11

Настоящая методика поверки распространяется на вибропреобразователи АР1077.

Вибропреобразователи АР1077 (далее – датчик) предназначены для измерений вибрационных и ударных ускорений в системах технической диагностики и мониторинга, а также в лабораторных и научных исследованиях.

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

В конструкции датчиков использована механическая схема с пьезокерамическим элементом, работающим на сдвиг. Датчики имеют несколько исполнений. Конструктивные особенности исполнений приведены в таблице 1.

Материал корпуса – нержавеющая сталь или титановый сплав. Исполнение с индексом «И» является "фоновым" датчиком, имеет сверхнизкое значение коэффициента преобразования и применяется с датчиком соответствующего исполнения для уменьшения влияния наводок на результат измерений при последующей математической обработке зарегистрированных сигналов.

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

АР1077	XX-XX
	тип соединителя
	индекс модификации (до двух символов)

Таблица 1

Тип исполнения	Конструктивные особенности		
	Номинальное значение коэффициента преобразования, пКл/(м·с ⁻²)	Рабочий диапазон частот, Гц	Наличие электрической изоляции основания
АР1077	2,0	от 0,5 до 8000	есть
АР1077М		от 0,5 до 10000	нет
АР1077И	не более 0,01	-	есть
АР1077ИМ			нет
АР1077-XX	2,0	от 0,5 до 8000	есть
АР1077М-XX		от 0,5 до 10000	нет
АР1077И-XX	не более 0,01	-	есть
АР1077ИМ-XX			нет

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 2.

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 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 2 – 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 Проверка электрической емкости	7.3	+	+
4 Опробование	7.4	+	+
5 Проверка действительного значения коэффициента преобразования	7.5	+	+
6 Проверка рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики	7.6	+	+
7 Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики	7.7	+	-
8 Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования	7.8	+	-
9 Проверка частоты установочного резонанса	7.9	+	-
10 Проверка основной относительной погрешности при измерении виброускорения	7.10	+	+

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 3. 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 3 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во, шт.	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	7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8
Мегаомметр	от 0,01 до 10 ³ МОм; 100 В	±20 %	Е6-24/1 (рег. № 47135-11)	1	7.2
Измеритель RLC	от 1 до 10 нФ	±10 %	RLC-816 (рег. № 53914-13)	1	7.3
Установка баллистическая	от 1000 до 80000 м/с ²	±6,0 %	AP8001 (рег. № 41845-09)	1	7.7
Усилитель измерительный	от 0,2 до 10 ⁵ Гц; 10 ⁵ пКл	±1 %	AP5110 (рег. № 57588-14)	1	7.9
Осциллограф цифровой	от 0,1 до 10 В	±3,0 %	TDS 2022C (рег. № 48471-11)	1	7.9

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 Перед проведением измерений снимают статический разряд с поверяемого датчика путем короткого замыкания сигнального контакта (вывода) соединительного кабеля с корпусом соединителя.

Электрическое сопротивление изоляции измеряют между корпусом соединителя и сигнальным выводом при испытательном напряжении (100 ± 20) 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 1000 МОм.

7.3 Проверка электрической емкости

7.3.1 Электрическую емкость измеряют между корпусом соединителя и сигнальным выводом при испытательном напряжении не более 10 В на частоте измерительного сигнала 1000 Гц. Измеритель подключают к соединителю кабеля датчика через ответную часть соединителя.

7.3.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если электрическая емкость между корпусом соединителя и сигнальными выводами составляет от 1700 до 2500 пФ при длине кабеля 2 м.

Примечание – Добавочная электрическая емкость при увеличении длины кабеля на 1 м \approx 120 пФ.

7.4 Опробование

7.4.1 Опробование проводят только для модификаций AP1077-XX, AP1077M-XX.

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.

7.4.2 Воспроизводят на частоте (200 ± 2) Гц уровень СКЗ виброускорения $(10,2 \pm 0,2)$ м/с².

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

7.5 Проверку действительного значения коэффициента преобразования

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

Для исполнений AP1077ИХ-ХХ проверку проводят при уровне СКЗ воспроизводимого ускорения не менее 100 м/с².

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

7.5.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если:

- для исполнений AP1077-ХХ, AP1077М-ХХ отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения находится в пределах ± 20 %.

- для исполнений AP1077ИХ-ХХ действительное значения коэффициента преобразования не более 0,01 пКл/(м·с⁻²).

7.6 Проверка рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики

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

Для исполнений AP1077ИХ-ХХ проверка не проводится.

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

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

где f_b - верхняя рабочая частота датчика, Гц;

f_o - частота установочного резонанса датчика, Гц, измеренная по 7.9.

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

7.7 Проверка амплитудного диапазона и нелинейности амплитудной характеристики

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

7.7.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если:

- для исполнений AP1077-XX, AP1077M-XX нелинейность амплитудной характеристики находится в пределах ± 4 %;
- для исполнений AP1077ИХ-XX во всем амплитудном диапазоне действительное значения коэффициента преобразования не более $0,01 \text{ пКл}/(\text{м}\cdot\text{с}^{-2})$

7.8 Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования

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

Для исполнений AP1077ИХ-XX проверка не проводится.

7.8.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если относительный коэффициент поперечного преобразования составляет не более 5 %.

7.9 Проверка частоты установочного резонанса

7.9.1 Проверку частоты установочного резонанса проводят в соответствии с 10.15 ГОСТ Р 8.669.

Для исполнений AP1077ИХ-XX проверка не проводится.

7.9.2 Датчик считают выдержавшим испытания, если частота установочного резонанса составляет не менее 24 кГц.

7.10 Проверка основной относительной погрешности датчика при измерении виброускорения

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

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\Pi}^2 + \delta_{КГ}^2 + \delta_{\Pi}^2 + \gamma_{ИХ}^2 + \delta_{АХ}^2}, \quad (2)$$

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

δ_0 – погрешность эталонного средства измерений (из описания на поверочную виброустановку), %;

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

$$\delta_{\Pi} = \frac{K_{ПВС} \cdot K_{ВИП}}{100}, \quad (3)$$

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

$K_{ВИП}$ – относительный коэффициент поперечного преобразования поверяемого датчика по 7.8, %;

$\delta_{КГ}$ – погрешность, вызванная наличием высших гармонических составляющих в законе движения вибростола поверочной виброустановки, %, определяемая по формуле

$$\delta_z = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{K_{z.k.}}{100} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100, \quad (4)$$

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

$\delta_{И}$ – погрешность измерений выходного напряжения датчика (определяется классом точности применяемого регистратора и согласующего усилителя), %;

$\gamma_{чх}$ – неравномерность частотной характеристики по 7.6, %;

$\delta_{АХ}$ – нелинейность амплитудной характеристики по 7.7, %.

7.10.2 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 $\delta_{АХ}$, %, определяются по паспортным данным.

2 Для исполнений АР1077ИХ-ХХ при расчете основной относительной погрешности значения относительного коэффициента поперечного преобразования $K_{ВПП}$, %, неравномерности частотной характеристики $\gamma_{чх}$, %, и нелинейности амплитудной характеристики $\delta_{АХ}$, %, принимаются максимально допустимыми:

$$K_{ВПП} = 5 \%, \quad \delta_{чх} = 12,5 \%, \quad \delta_{АХ} = 4 \%.$$

3 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 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.



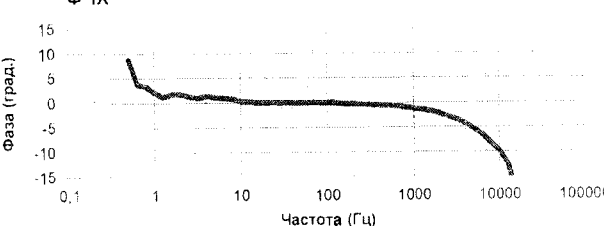
Федеральное государственное унитарное предприятие
Российский Федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики)
(ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»)
Метрологическая служба

Протокол поверки № _____

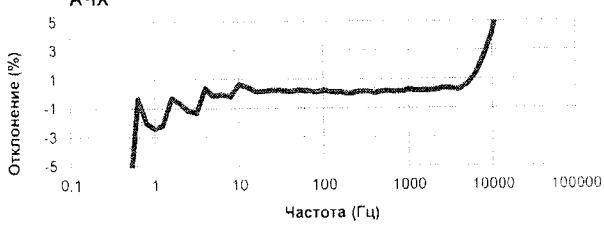
Данные ИП	Результат поверки	Метрол. характеристики ИП
Модель: AP2037-10	Козф. преобр. на 200 Hz: 1.0648 mV/m/s ²	Диапазон ампл: ± 5000 m/s ²
Серийный № 6266	Фаза на 200 Hz: -0.25 deg	Разрешение: 0 m/s ²
Изготовитель GlobalTest	Уровень ускорения: 9.81 m/s ²	Рез. частота: ≥ 42325 Hz
		Темп. диапазон: -50 до 125 C
Описание: ICP(r) Accelerometer		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

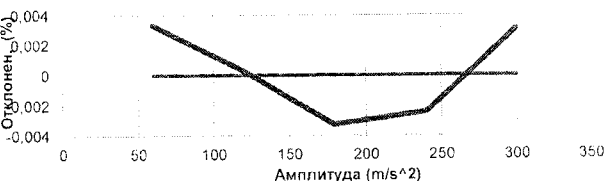


АЧХ



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 AP2037-10 зав. № 6266

В.2 Но результатам поверки датчика AP2037-10 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_0 , 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 (2) 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_0 , 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