

Кирпичев А.А.,

ООО «ГлобалТест», г. Саров, Россия,

Тел.: (83130) 40244, Факс: (83130) 43855, E-mail: kirpichev@globaltest.ru

Редюшев А.А.,

ООО «ГлобалТест», г. Саров, Россия,

Тел.: (83130) 46288, Факс: (83130) 43855, E-mail: redushev@globaltest.ru

Симчук А.А.,

ООО «ГлобалТест», г. Саров, Россия,

Тел.: (83130) 4-62-80, Факс: (83130) 4-38-55, E-mail: simtchuk@globaltest.ru

Смирнов В.Я.,

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. С. Петербург, Россия,

Тел/Факс: (812) 4220159, E-mail: smirnov.2520@mail.ru

НОВОЕ КАЛИБРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЕРКИ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ И НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В последние годы необходимость точного измерения параметров ударов и механических колебаний стала чрезвычайно важной. Это вызвано постоянно возрастающей ролью средств вибромониторинга и технической диагностики в различных отраслях промышленности, напрямую связанной с безопасностью жизни и деятельности человека, предотвращением экологических катастроф и т.д. В результате значительно увеличивается номенклатура и объем вибромизмерительной аппаратуры, применяемой на промышленных объектах. В такой аппаратуре в качестве первичных датчиков, передающих информацию о параметрах вибрации, как правило, используются вибропреобразователи (ускорения, скорости, перемещения). «Закон об обеспечении единства средств измерений» предусматривает обязательное использование средств измерений (СИ) утвержденных типов в областях применения, подконтрольных сферам государственного метрологического контроля и надзора, что требует обязательность поверки СИ. Для иных СИ достаточно процедуры калибровки.

В общем случае, поверка охватывает процедуры определения всех основных метрологических характеристик преобразователя, которые влияют на точность осуществляемых с его помощью измерений. Даже в том случае, когда характеристики преобразователя мало изменяются в процессе эксплуатации, практика качественных измерений и, в частности, вышеупомянутый Закон заставляют пользователей вибропреобразователей подтверждать результаты первичной поверки и проводить периодическую поверку преобразователей через заданные интервалы времени.

В нашей стране применяются преимущественно два основных метода поверки (калибровки). Коэффициент преобразования в направлении главной оси вибропреобразователя в заданном амплитудном и частотном диапазонах определяется либо методом абсолютной градуировки, либо методом непосредственного сравнения. Основные методы калибровки подробно описаны в серии стандартов ИСО 16063.

Абсолютный метод предполагает, что коэффициент преобразования вибропреобразователя определяется путем измерений с использованием основных и производных единиц физических величин.

В настоящее время наиболее удобным методом абсолютной калибровки является лазерная интерферометрия. На калибровке вибропреобразователей интерференционным методом мы останавливаться не будем. Используемые принципы описаны в различных статьях [1, 2, 3] и включены в рекомендацию [4]. Все они основаны на чрезвычайно стабильной и хорошо известной длине волны излучения лазера. Однако этот метод является достаточно дорогостоящим и требует значительных затрат времени на поверку.

Метод непосредственного сличения предполагает, что коэффициент преобразования поверяемого вибропреобразователя определится путем сравнения с известным коэффициентом преобразования эталонного преобразователя (ЭП) [5].

По сравнению с абсолютным методом при помощи лазерного интерферометра, метод непосредственного сличения проще в реализации и требует менее сложной и дорогостоящей аппаратуры. Поэтому метод непосредственного сличения является весьма привлекательным методом для обычного пользователя и разработчиков виброаппаратуры.

Точность поверки, разумеется, зависит от используемого метода. Поскольку метод непосредственного сличения требует использования ЭП, основные метрологические характеристики которого определены абсолютным методом, точность поверки методом непосредственного сличения будет во всех случаях ниже точности поверки абсолютным методом.

Как правило, поверка и калибровка вибропреобразователей проводится в лабораторных условиях, что не совсем удобно пользователям. В связи с этим, актуальным становится проведение поверки (калибровки) на месте эксплуатации, что исключает необходимость транспортировки СИ в аккредитованные центры [6].

При использовании метода сличения большинство метрологических центров в качестве эталонного виброметра, передающего размер единицы виброускорения, используют приборы фирмы «Брюль и Кьер»: эталонный вибропреобразователь мод. 8305 с согласующим усилителем мод. 2626, 2635, NEXUS. Также известны эталонные вибропреобразователи фирмы «Энденко», «PCB». В 80-е годы прошлого столетия ПО «Виброприбор», г. Таганрог разработало и выпустило небольшой серией эталонный вибропреобразователь ВДО – 101. В настоящее время он не выпускается.

Для решения проблемы выпуска эталонной виброаппаратуры ООО «ГлобалТест», г. Саров разработало и выпускает эталонные средства, которые также могут быть использованы для передачи размеров единиц параметров вибрации наряду с вышеперечисленными виброприборами иностранного производства: эталонный вибропреобразователь AP10 (рис.1) и измерительный усилитель AP5100 (рис.2). Характеристики указанных приборов представлены в табл. 1 и 2 соответственно. Для сравнения в табл. 3 представлены также характеристики зарубежных эталонных вибропреобразователей.

Таблица 1.

Характеристики эталонного вибропреобразователя

Наименование	Размерность	AP10
Коэффициент преобразования ($\pm 3\%$)	mKs/g	1
Амплитудный диапазон	g	$\pm 1\ 000$
Максимальный удар (пиковое значение)	g	$\pm 2\ 000$
Частотный диапазон		
- неравномерность $\pm 1\%$	Гц	0,5 ... 3 000
- неравномерность $\pm 2\%$		0,5 ... 5000
- неравномерность $\pm 6\%$		0,5 ... 10000
Резонансная частота кГц	кГц	> 30
Относительный коэффициент поперечного преобразования	%	< 3
Деформационная чувствительность	г-м/мкм	$< 0,000\ 5$
Рабочая температура	°C	$- 60 \dots + 200$
Электрическая ёмкость	пФ	30
Сопротивление изоляции в нормальных условиях	МОм	$> 1\ 000$
Масса (без кабеля)	г	45

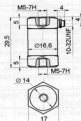


Рис.1 Внешний вид и габаритные размеры AP10







Рис.2 Измерительный усилитель AP5100

Характеристики измерительного усилителя AP5100

Наименование	Размерность	AP5100
Диапазон входного напряжения	В	± 10
Диапазон входного заряда	пКл	10^3
Частотный диапазон на уровне минус 3 дБ	Гц	$0,3 \dots 10^5$
Входное сопротивление	Ом	$> 10^7$
Выходное сопротивление	Ом	< 100
Максимальное выходное напряжение при коэффициенте нелинейных искажений $< 5\%$	В	± 10
Среднеквадратическое значение шума (приведенное ко входу)	мкВ	≤ 10
Питание датчиков со встроенным предусилителем: - напряжение - ток	В мА	+24 3,6
Коэффициент масштабирования по напряжению, (погрешность $\pm 0,5\%$)	-	1, 2, 5, 10, 50, 100, 200, 500
Коэффициент масштабирования по заряду, (погрешность $\pm 0,5\%$)	мВ/пКл	0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500
Дополнительная погрешность коэффициента преобразования AP5100 в температурном диапазоне от 0 до плюс 50°C	%	1
Коэффициент кондиционирования: - по напряжению - по заряду	В/Ед. пКл/ Ед.	1 ... 10,99 с шагом 0,01
Основная погрешность измерения: - СКЗ ускорения - СКЗ виброскорости	%	± 1 $\pm 1,5$
Встроенные фильтры высоких частот со спадом АЧХ не менее 20 дБ/декаду на уровне минус 3дБ	Гц	0,3; 1,0; 3,0; 10
Встроенный фильтр низких частот со спадом АЧХ не менее 30 дБ/декаду на уровне минус 3дБ	кГц	1, 3, 10, 30
Напряжение питания	В	$+ (12 \pm 2)$
Ток потребления	мА	< 600
Тип входных соединителей: - несимметричный зарядовый - симметричный зарядовый - со встроенным предусилителем	-	10-32, BNC TWIN BNC BNC
Тип выходных соединителей		BNC
Питание	-	автономное и сетевое от адаптера
Габариты	мм	$195 \times 145 \times 120$
Масса	г	1 200

Характеристики эталонных вибропреобразователей

				
Тип	Endevco 2270	PCB 301A11	PCB 301A12	B&K 8305
Коэффициент преобразования	2,2 нКл/г	100 мВ/г	0,5 мВ/г	1,25 нКл/г
Амплитудный диапазон, г	1000	50	10 000	1 000
Частотный диапазон, Гц	2 ... 20 000	0,5... 10 000(5%) 0,3... 14 000(10%) 0,2... 20 000(3дБ)	1... 10 000 (5%)	0,2... 3 750 (1%) 0,2... 5 300 (2%)
Резонансная частота, кГц	55	> 35	> 30	30
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %		< 3	< 3	< 2
Рабочая температура, °С	-54 ... 177	- 54 ... + 121	- 54 ... + 121	-74 ... 200
Габаритные размеры (диаметр x высота), мм	15,88 x 28,4	30,2 x 38,1	16 x 29	13,5 x 29,1
Вес, г	40	176	42	40

Вибропреобразователь AP10 имеет прочный корпус из нержавеющей стали. Чувствительный модуль выполнен из набора кварцевых пластин, что обеспечивает надежность, долговременную и температурную стабильность метрологических характеристик. По основным техническим и метрологическим характеристикам AP10 близок к вибропреобразователю 8305. В настоящее время проводится испытание для целей утверждения типа СИ эталонного вибропреобразователя AP10 в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Санкт - Петербург. Особенность испытаний состоит в необходимости определения долговременной стабильности коэффициента преобразования данного вибропреобразователя. Первые результаты, полученные при испытаниях, подтверждают основные метрологические характеристики эталонного вибропреобразователя, перечисленные в его Технических условиях.

Измерительный усилитель AP5100 является удобным современным средством измерения с возможностью автономной работы, а наличие программного обеспечения позволяет использовать его в составе информационно-измерительных систем. AP5100 имеет следующие особенности:

- измерение виброускорения и виброскорости в режимах усилителя заряда и усилителя напряжения,
- симметричный и несимметричный входы,
- управление режимом работы с панели управления и через порты RS-232, USB,
- режим тестирования работы усилителя,

- режим кондиционирования,
- возможность подготовки протокола измерений,
- режим индикации перегрузки.

Испытания измерительного усилителя завершены в ФГУ «Ростест-Москва» и в ближайшее время ожидается внесение прибора в Госреестр СИ.

Для решения вопроса поверки (калибровки) средств измерений параметров вибраций в месте эксплуатации в ООО «ГлобалТест» на завершающей стадии разработки находится калибратор АТО3 со встроенным виброметром. Он предназначен для поверки (калибровки) вибропреобразователей с возможностью измерения амплитудно-частотной характеристики. Предполагаемые характеристики:

- частотный диапазон 80...6300 Гц ($M_{\text{нагр}} = 0...150 \text{ г}$),
- уровень ускорения – (0,2 – 1)g,
- автономное питание,
- возможность подключения внешнего источника питания напряжением +12 В и током не менее 1А,
- измерение и индикация виброускорения, создаваемого калибратором,
- измерение и индикация осевой чувствительности вибропреобразователей в единицах ускорения, скорости, длины,
- управление режимом работы с панели управления и через порт USB, обеспечивающее:
 - измерение амплитудно-частотной характеристики в режиме случайной вибрации и в третьяктавом ряду частот;
 - переключение входа «стард – ICP»;
 - изменение воспроизводимых частоты и ускорения;
 - TEDS – программирование поверяемых и калибруемых датчиков;
 - ведение протокола измерений.

Таким образом, можно надеяться, что в ближайшее время в нашей стране будут серийно выпускаться современные эталонные СИ, которые в полной мере смогут заменить аналогичную дорогостоящую импортную виброаппаратуру.

Литература:

1. Хохман П. «Измерения механических колебаний с лазерными интерферометрами для градуировки вибродатчиков.» // Журнал Акустика, т. 26 (1972г.), с 122 -136.
2. Деферрари Х.А., Дабри Р.А. Андриос Ф. А. «Измерения вибрационных перемещений и фазовых изменений с использованием лазерного интерферометри» // Журнал акустического общества Америки, том 52, 5 (1967г.) с. 982
3. Торбен Р. Лихта, Хенрик Андерсен «Точность градуировки акселерометров» // Технический обзор фирмы Брюль и Кьер, № 2, 1987 г., стр. 23 – 42.
4. ИСО 16063 – 11: «Методы для калибровки датчиков вибрации и удара – часть 11: Первичная вибрационная калибровка методом лазерной интерферометрии».
5. ИСО 16063 – 21: «Методы для калибровки датчиков вибрации и удара – часть 21: Вторичная вибрационная калибровка методом непосредственного сличения».
6. В.Я. Смирнов «Поверка пьезоэлектрических вибропреобразователей в месте эксплуатации» // Мир измерений, 5 (2007г.) с. 39-42.