

ГОСТ 30652—99
(ИСО 5347-3—93)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Вибрация
КАЛИБРОВКА ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ
И УДАРА

Часть 3

Вторичная вибрационная калибровка методом сличения

Издание официальное

БЗ 11—97/368

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
Минск

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Межгосударственным Техническим комитетом по стандартизации МТК 183 «Вибрация и удар»

ВНЕСЕН Госстандартом России

2 ПРИНЯТ Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 16—99 от 8 октября 1999 г.)

За принятие проголосовали:

| Наименование государства | Наименование национального органа по стандартизации |
|----------------------------|---|
| Азербайджанская Республика | Азгосстандарт |
| Республика Армения | Армгосстандарт |
| Республика Беларусь | Госстандарт Республики Беларусь |
| Республика Казахстан | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизская Республика | Киргизстандарт |
| Российская Федерация | Госстандарт России |
| Туркменистан | Главная государственная инспекция Туркменистана |
| Украина | Госстандарт Украины |

3 Настоящий стандарт представляет собой полный аутентичный текст международного стандарта ИСО 5347-3—93 «Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 3. Вторичная вибрационная калибровка» и содержит дополнительные требования, отражающие потребности экономики страны

4 Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 18 апреля 2000 г. № 112-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 30652—99 (ИСО 5347-3—93) введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 января 2001 г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 2000

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Госстандарта России

Вибрация

КАЛИБРОВКА ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ И УДАРА

Часть 3

Вторичная вибрационная калибровка методом сличения

Vibration. Calibration of vibration and shock pick-ups. Part 3.
Secondary vibration calibration by comparison methods

Дата введения 2001—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на датчики (преобразователи) ускорения, скорости и перемещения линейной вибрации и удара и устанавливает метод и средства их вторичной вибрационной калибровки.

Дополнительные требования, отражающие потребности экономики страны, по тексту стандарта выделены курсивом.

Стандарт распространяется на датчики со следующими параметрами.

- диапазон частот: $1 \div 10000$ Гц;
- динамический диапазон: $0,1 \text{ мкм} \div 10 \text{ мм}$ (в зависимости от частоты), $1 \text{ мм/с} \div 10 \text{ м/с}$ (в зависимости от частоты), $10 \div 1000 \text{ м/с}^2$ (в зависимости от частоты);
- пределы допустимой относительной погрешности:
 - для датчиков скорости и перемещения в диапазоне частот $1 \div 20$ Гц — ± 10 %, в диапазоне частот $20 \div 1000$ Гц — ± 4 %;
 - для датчиков ускорения в диапазоне частот $20 \div 1000$ Гц — ± 2 %, в диапазоне частот $20 \div 2000$ Гц — ± 3 %, в диапазоне частот $20 \div 5000$ Гц — ± 5 %, в диапазоне частот $1 \div 10000$ Гц — ± 10 %.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ ИСО 5347-0—95 Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 0. Общие положения
- ГОСТ ИСО 5347-1—96 Вибрация. Калибровка датчиков вибрации и удара. Часть 1. Первичная вибрационная калибровка методами лазерной интерферометрии
- ГОСТ 24346—80 Вибрация. Термины и определения

3 Определения

Термины, применяемые в настоящем стандарте, и их определения — по ГОСТ 24346 и ГОСТ ИСО 5347-0.

4 Средства калибровки и вспомогательные устройства

4.1 Оборудование для поддержания комнатной температуры $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

4.2 Эталонный датчик ускорения, откалиброванный вместе с согласующим усилителем методом лазерной интерферометрии по ГОСТ ИСО 5347-1 с погрешностью в пределах $\pm(0,5 \div 1,0)\%$ при выбранных частоте и ускорении.

4.3 Генератор низкочастотный со следующими характеристиками:

- допускаемая относительная погрешность измерения частоты — в пределах $\pm 0,1\%$;
- нестабильность частоты — в пределах $\pm 0,1\%$ от показания за время измерения;
- нестабильность амплитуды — в пределах $\pm 0,1\%$ от показания за время измерения.

4.4 Комплекс усилитель мощности/вибростенд со следующими характеристиками:

- суммарный коэффициент нелинейных искажений — не более 10% ;
- поперечное и вращательное (ротационное) ускорения должны быть по возможности минимальными и не превышать 10% от ускорения в основном направлении на заданной частоте (для частоты свыше 1000 Гц допускается 30%);
- фон и шум: не менее чем на 40 дБ ниже уровня выходного сигнала;
- нестабильность амплитуды ускорения — в пределах $\pm 0,1\%$ от показания за время измерения;
- поверхность, к которой крепят датчик, не должна вызывать деформации датчика, влияющей на результат калибровки.

4.5 Вольтметр среднего квадратического значения (СКЗ) и согласующий усилитель калибруемого датчика со следующими характеристиками:

- диапазон частот: $1 \div 10000\text{ Гц}$;
- допускаемая относительная погрешность — в пределах $\pm(0,1 \div 0,5)\%$.

Для получения амплитудного значения, используемого в формулах, измеренное СКЗ ускорения умножают на $\sqrt{2}$.

4.6 Измеритель нелинейных искажений со следующими характеристиками:

- диапазон частот: $1 \div 30000\text{ Гц}$;
- динамический диапазон: $0 \div 10\%$;
- допускаемая относительная погрешность — в пределах $\pm 10\%$.

4.7 Осциллограф (необязательно) для контроля формы сигнала на выходе датчика в частотном диапазоне $1 \div 30000\text{ Гц}$.

4.8 Усилитель калибруемого датчика, требующего согласования выходных параметров с входными параметрами согласующего усилителя, должен обеспечивать следующее условие:

$$R \cdot C = \frac{1}{2 \pi f \sqrt{\frac{1}{(\gamma + 1)^2} - 1}}, \quad (1)$$

где R — входное сопротивление согласующего усилителя, Ом;

C — суммарная емкость, состоящая из емкости датчика с кабелем и входной емкости согласующего усилителя, Ф;

f — нижний предел частоты датчика, Гц;

γ — значение неравномерности АЧХ на нижнем пределе диапазона частот датчика, относительные единицы.

5 Рекомендуемые амплитуды и частоты

Шесть значений амплитуд ускорения и шесть значений частот, равномерно распределенных по рабочему диапазону датчика, следует выбирать из следующих рядов:

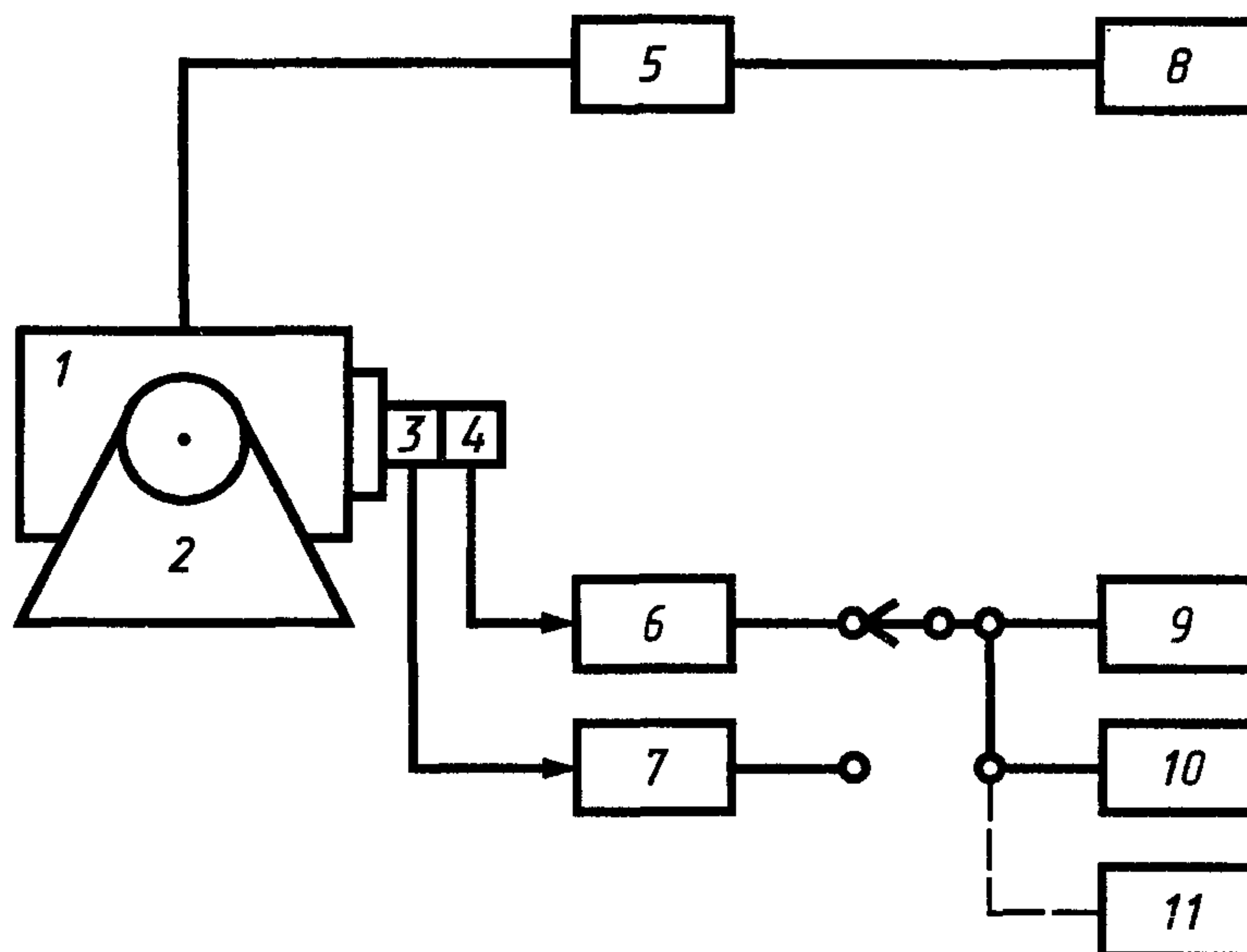
амплитуда — 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 м/с²;

частота — 1, 2, 3, 5, 10, 20, 40, 80, 160, 315, 630, 1250, 2500, 5000, 10000 Гц.

Отклонения выбранных значений амплитуд и частот от значений, при которых откалиброван эталонный датчик ускорения, не должны выходить за пределы $\pm 10\%$.

6 Порядок проведения калибровки

Эталонный и калибруемый датчики крепят друг к другу и устанавливают на стол вибростенда. Структурная схема вторичной вибрационной калибровки датчика приведена на рисунке 1.



1 — вибростенд; 2 — опора вибростенда; 3 — эталонный датчик; 4 — калибруемый датчик; 5 — усилитель мощности; 6 — согласующий усилитель калибруемого датчика; 7 — согласующий усилитель эталонного датчика; 8 — низкочастотный генератор сигналов; 9 — электронный вольтметр; 10 — измеритель нелинейных искажений; 11 — электронный осциллограф

Рисунок 1 — Структурная схема вторичной вибрационной калибровки датчика

Проверяют значения нелинейных искажений и поперечного движения стола вибростенда в месте крепления датчиков при частотах и амплитудах калибровки (выполнение этих операций допускается только при метрологической аттестации).

Задают вибрацию с выбранной частотой и амплитудой ускорения и измеряют напряжения на выходе датчиков.

Определяют базовый коэффициент преобразования на базовой частоте (для датчиков ускорения предпочтительно 160 или 80 Гц) и базовой амплитуде (для датчиков ускорения предпочтительно 100 или 10 м/с²). Затем определяют коэффициенты преобразования датчика при других частотах и амплитудах. Результаты измерений выражают в виде отклонения от базового коэффициента преобразования в процентах.

С целью уменьшения погрешности калибровки на частотах свыше 5000 Гц рекомендуется учитывать эффект «относительного движения» датчиков, обусловленного резонансом корпуса эталонного датчика, нагруженного массой калибруемого датчика.

7 Правила обработки результатов калибровки

Если оба датчика чувствительны к одному и тому же параметру вибрации, коэффициент преобразования калибруемого датчика рассчитывают по формулам:

- для датчика в комплекте с усилителем

$$S_2 = S_1 \cdot \frac{X_2}{X_1}, \quad (2)$$

где S_2 — коэффициент преобразования калибруемого датчика с усилителем;
 S_1 — коэффициент преобразования эталонного датчика с усилителем;
 X_1 — выходной сигнал эталонного датчика;
 X_2 — выходной сигнал калибруемого датчика.
 - для датчика без усилителя

$$S_2' = S_1 \cdot \frac{X_2}{X_1 \cdot K_2}, \quad (3)$$

где S_2' — коэффициент преобразования калибруемого датчика без усилителя;
 K_2 — коэффициент передачи усилителя калибруемого датчика.

Если датчики чувствительны к различным параметрам вибрации, коэффициент преобразования калибруемого датчика рассчитывают по формулам:

$$S_v = 2 \pi f S_a, \quad (4)$$

$$S_d = 4 \pi^2 f^2 S_a, \quad (5)$$

$$S_d = 2 \pi f S_v, \quad (6)$$

где S_v — коэффициент преобразования датчика скорости;
 S_a — коэффициент преобразования датчика ускорения;
 S_d — коэффициент преобразования датчика перемещения;
 f — частота, Гц.

Затем следует рассчитать общую погрешность калибровки при соответствующей доверительной вероятности, как указано в приложении А.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

Расчет погрешности

А.1 Расчет общей (суммарной) погрешности

Общую погрешность калибровки при доверительной вероятности 95 % X_{95} рассчитывают по формуле

$$X_{95} = \pm \sqrt{X_r^2 + X_s^2}, \quad (A.1)$$

где X_r — случайная погрешность;
 X_s — систематическая погрешность.

Случайную погрешность при доверительной вероятности 95 % $X_{r(95)}$ рассчитывают по формуле

$$X_{r(95)} = \pm t \sqrt{\frac{e_{r1}^2 + e_{r2}^2 + e_{r3}^2 + \dots + e_{rn}^2}{n}}, \quad (A.2)$$

где $e_{r1}, e_{r2}, \dots, e_{rn}$ — отклонение от среднего арифметического значения результатов единичных измерений;
 n — число измерений;
 t — коэффициент распределения Стьюдента для установленных доверительной вероятности и числа измерений.

Систематическая погрешность должна быть исключена или учтена.

Неисключенную систематическую погрешность $X_{s(95)}$ рассчитывают по формуле

$$X_{s(95)} = \frac{K}{\sqrt{3}} \cdot e_{S_2}, \quad (A.3)$$

где K — коэффициент, зависящий от доверительной вероятности (для доверительной вероятности 95 % $K = 2$);

e_{S_2} — абсолютная погрешность коэффициента преобразования калибруемого датчика на частотах калибровки, амплитуде и коэффициенте усиления усилителя (см. А.2).

А.2 Расчет погрешности коэффициента преобразования на частотах, амплитудах и коэффициентах усиления усилителя, на которых проводят калибровку

Относительную погрешность коэффициента преобразования калибруемого датчика рассчитывают по формуле

$$\frac{e_{S_2}}{S_2} = \pm \sqrt{\left(\frac{e_{S_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{2 e_u}{u}\right)^2 + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{d_{tot}}{100}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{a_t T_1}{100 a_{СКЗ}}\right)^2 + \left(\frac{a_t T_2}{100 a_{СКЗ}}\right)^2 + \left(\frac{2 a_n}{a_{СКЗ}}\right)^2} \quad (\text{А.4})$$

где S_1 — коэффициент преобразования эталонного датчика;

S_2 — коэффициент преобразования калибруемого датчика;

e_{S_1} — абсолютная погрешность комплекта — эталонного датчика и усилителя (не более 0,5 %), рассчитанная методом вычисления общей погрешности при калибровке эталонного датчика по ГОСТ ИСО 5347-1; она зависит от выбранных частоты, амплитуды и коэффициента усиления усилителя (см. А.3);

u — выходной сигнал датчика, В;

e_u — абсолютная погрешность вольтметра, В;

d_{tot} — общее искажение, %, рассчитанное по формуле

$$d_{tot} = 100 \cdot \sqrt{\frac{a_{tot}^2 - a_{СКЗ}^2}{a_{СКЗ}^2}}, \quad (\text{А.5})$$

где a_{tot} — общее среднее квадратическое значение ускорения, м/с²;

$a_{СКЗ}$ — среднее квадратическое значение ускорения на частоте возбуждения, м/с²;

a_t — среднее квадратическое значение поперечного и ротационного ускорений, м/с²;

T_1 — отношение максимальной поперечной чувствительности эталонного датчика к чувствительности датчика в направлении измерительной оси, %;

T_2 — отношение максимальной поперечной чувствительности калибруемого датчика к чувствительности датчика в направлении измерительной оси, %;

a_n — среднее квадратическое значение ускорения фона и шума, м/с².

Если коэффициент преобразования датчика рассчитан по формулам (4) и (6) настоящего стандарта, формулу (А.4) следует дополнить слагаемым $(e_f/f)^2$; если коэффициент преобразования датчика рассчитан по формуле (5) настоящего стандарта, формулу (А.4) следует дополнить слагаемым $(2 e_f/f)^2$, где e_f — абсолютная погрешность измерения частоты, Гц; f — частота, Гц.

А.3 Общую абсолютную погрешность коэффициента преобразования эталонного датчика в комбинации с усилителем e_{S_1} в случае их использования за пределами базовых частот и амплитуд рассчитывают по формуле

$$\frac{e_{S_1}}{S} = \pm \sqrt{\left(\frac{e_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{L_{fA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{fp}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{aA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{ap}}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_p}{100}\right)^2 + \left(\frac{R}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_p}{100}\right)^2}, \quad (\text{А.6})$$

где S — коэффициент преобразования датчика на базовых частоте и амплитуде, В·с²/м;

e_S — абсолютная погрешность коэффициента преобразования датчика на базовых частоте и амплитуде, В·с²/м;

L_{fA} — отклонение амплитудно-частотной характеристики усилителя, %;

L_{fp} — отклонение амплитудно-частотной характеристики датчика, %;

L_{aA} — нелинейность амплитудной характеристики усилителя, %;

L_{ap} — погрешность от нестабильности коэффициента усиления и входного импеданса усилителя, %;

I_A — погрешность от нестабильности усилителя, %;

I_p — погрешность от нестабильности датчика, %;

R — погрешность коэффициента усиления по диапазону усилителя (погрешность коэффициента усиления для различных настроек усилителя), %;

E_A — погрешность, вызванная воздействием окружающих условий на усилитель, %;

E_p — погрешность, вызванная воздействием окружающих условий на датчик, %.

Ключевые слова: вибрация, удар, датчики, калибровка, погрешность, метод сличения

Редактор *Т.С. Шеко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мартемьяновой*

Изд. лиц. № 021007 от 10.08.95. Сдано в набор 10.05.2000. Подписано в печать 13.06.2000. Усл. печ. л. 0,93.
Уч.-изд. л. 0,60. Тираж 320 экз. С 5296. Зак. 557.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", 103062, Москва, Лялин пер., 6.
Цлр № 080102