

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

**Поправка к ГОСТ 30652—99 (ИСО 5347-3—93) Вибрация. Калибровка датчиков вибрации и удара. Часть 3. Вторичная вибрационная калибровка методом сличения**

| В каком месте                                 | Напечатано | Должно быть |    |                  |
|---|------------|-------------|----|------------------|
| Предисловие.<br>Пункт 3. Таблица согласования | —          | Молдова     | MD | Молдова-Стандарт |

(ИУС № 11 2008 г.)

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 мкм÷10 мм (в зависимости от частоты), 1 мм/с÷10 м/с (в зависимости от частоты),  $10 \div 1000$  м/с<sup>2</sup> (в зависимости от частоты);

- пределы допустимой относительной погрешности:

для датчиков скорости и перемещения в диапазоне частот  $1 \div 20$  Гц —  $\pm 10$  %, в диапазоне частот  $20 \div 1000$  Гц —  $\pm 4$  %;

для датчиков ускорения в диапазоне частот  $20 \div 1000$  Гц —  $\pm 2$  %, в диапазоне частот  $20 \div 2000$  Гц —  $\pm 3$  %, в диапазоне частот  $20 \div 5000$  Гц —  $\pm 5$  %, в диапазоне частот  $1 \div 10000$  Гц —  $\pm 10$  %.

## 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  $\pm(0,5+1,0)\%$  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  $1000\text{ Гц}$  допускается  $30\%$ );

- фон и шум: не менее чем на  $40\text{ дБ}$  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:  $1-10000\text{ Гц}$ ;
- допускаемая относительная погрешность — в пределах  $\pm(0,1+0,5)\%$ .

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

4.6 Измеритель нелинейных искажений со следующими характеристиками:

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

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

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;

$\gamma$  — 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:

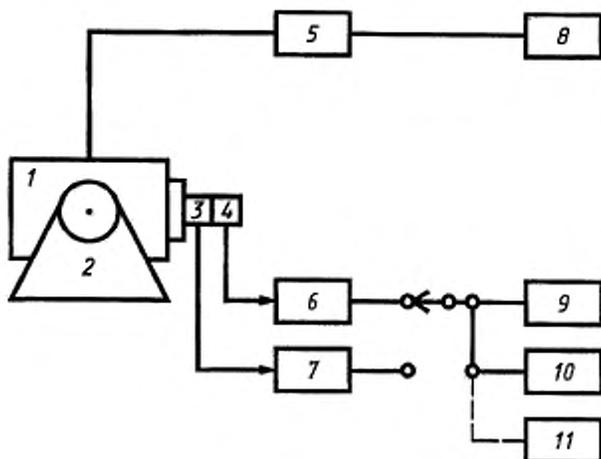
амплитуда —  $1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000\text{ м/с}^2$ ;

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

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 выбранными 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/с<sup>2</sup>). 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

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

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

$$X_{s(95)} = \frac{K}{\sqrt{3}} \cdot e_{S2}, \quad (A.3)$$

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

$$\frac{e_{S_2}}{S_2} = \pm \sqrt{\left(\frac{e_{S_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{2 e_u}{u}\right)^2 + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{d_{tot}}{100}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{a_1 T_1}{100 a_{CK3}}\right)^2 + \left(\frac{a_1 T_2}{100 a_{CK3}}\right)^2 + \left(\frac{2 a_n}{a_{CK3}}\right)^2} \quad (\text{A.4})$$

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

$$d_{tot} = 100 \sqrt{\frac{a_{tot}^2 - a_{CK3}^2}{a_{CK3}^2}}, \quad (\text{A.5})$$

где  $a_{tot}$  — общее среднее квадратическое значение ускорения, м/с<sup>2</sup>;

$a_{CK3}$  — среднее квадратическое значение ускорения на частоте возбуждения, м/с<sup>2</sup>;

$a_1$  — среднее квадратическое значение поперечного и ротационного ускорений, м/с<sup>2</sup>;

$T_1$  — 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/с<sup>2</sup>.

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

$$\frac{e_{S_1}}{S} = \pm \sqrt{\left(\frac{e_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{L_{fA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{fP}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{nA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{nP}}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_P}{100}\right)^2 + \left(\frac{R}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_P}{100}\right)^2}, \quad (\text{A.6})$$

где  $S$  — коэффициент преобразования датчика на базовых частоте и амплитуде, В·с<sup>2</sup>/м;

$e_S$  — абсолютная погрешность коэффициента преобразования датчика на базовых частоте и амплитуде, В·с<sup>2</sup>/м;

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

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

$L_{nA}$  — нелинейность амплитудной характеристики усилителя, %;

$L_{nP}$  — 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, %.

Редактор *Т.С. Шехо*  
Технический редактор *В.Н. Прусакова*  
Корректор *М.В. Бучная*  
Компьютерная перстка *Е.Н. Мартыановой*

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.  
Плр № 080102

**Поправка к ГОСТ 30652—99 (ИСО 5347-3—93) Вибрация. Калибровка датчиков вибрации и удара. Часть 3. Вторичная вибрационная калибровка методом сличения**

| В каком месте                                 | Напечатано | Должно быть |                     |
|---|------------|-------------|---------------------|
| Предисловие.<br>Пункт 3. Таблица согласования | —          | Молдова     | MD Молдова-Стандарт |

(ИУС № 11 2008 г.)