

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ВИБРАЦИЯ МАШИН  
С ВРАЩАТЕЛЬНО-ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ  
ДВИЖЕНИЕМ**  
**ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ для ИЗМЕРЕНИЯ  
ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИИ**

**ISO**  
**2954–1975**

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий международный стандарт устанавливает требования, которым должен отвечать прибор для измерения интенсивности вибрации, если погрешности измерения, особенно при сравнительных испытаниях машин, не должны превышать определенной величины. Приборы, отвечающие требованиям настоящего международного стандарта, могут использоваться при соблюдении методик, подробно описанных в стандартах ИСО 2372 и ИСО 2373, и обозначаются как «приборы для измерения интенсивности вибрации в машинах с вращательным и возвратно-поступательным движением».

Приборы, на которые распространяется настоящий международный стандарт, дают непосредственные показания или запись среднеквадратических значений виброскорости, которая определяется как единица измерения интенсивности вибрации.

*Примечания:* 1. Метод проверки истинного среднеквадратического показания описан в приложении.

2. При условии ограничения частотного диапазона эти приборы могут использоваться в других областях, где требуется аналогичная точность измерения, например измерение виброскорости конструкции, туннелей, мостов и т.д.

## 2. ССЫЛКИ

Термины, используемые в настоящем международном стандарте, определены в следующих публикациях МЭК и международных стандартах ИСО:

МЭК 184. Методы определения характеристик электромеханических датчиков для измерения вибрации и удара.

МЭК 222. Методы определения характеристик вспомогательного оборудования для измерения вибрации и ударов.

ИСО 2041. Вибрация и удар. Словарь.

ИСО 2372. Механическая вибрация машин с рабочими скоростями от 10 до 200 об/с. Основы для определения оценочных стандартов.

ИСО 2373. Механическая вибрация вращающихся электрических машин с высотой вала от 80 до 400 мм. Измерение и оценка интенсивности вибрации.

### 3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Виброизмерительный прибор обычно состоит из вибропреобразователя; индикаторного устройства, содержащего усилитель, систему фильтров для корректировки частотной характеристики; индикатора и записывающего устройства и системы питания.

Требования, описанные в этом пункте, относятся к общим характеристикам системы преобразователя и индикатора среднеквадратических значений. Разделы 4 и 5 содержат детальные требования для каждого из этих основных узлов.

3.1. Частотный диапазон прибора для измерения интенсивности вибрации должен быть от 10 до 1000 Гц.

*Примечание.* Данный частотный диапазон соответствует интервалу частот, используемому в документе ИСО 2372.

3.2. Чувствительность в пределах частотного диапазона не должна отклоняться от исходной чувствительности при 80 Гц более чем на значения, указанные в таблице.

Чувствительность относительно исходной чувствительности при 80 Гц и предельные значения допустимого отклонения в частотном диапазоне от 1 до 10 000 Гц:

Частота, Гц	Относительная чувствительность		
	Номинальная величина	Минимальная величина	Максимальная величина
1	—	—	0,01
2,5	0,016	0,01	0,025
10	1,0	0,8	1,1
20	1,0	0,9	1,1
40	1,0	0,9	1,1
80	1,0	1,0	1,0
160	1,0	0,9	1,1
500	1,0	0,9	1,1
1000	1,0	0,8	1,1
4000	0,016	0,01	0,025
10000	—	—	0,01

Для исключения сомнений относительно характера протекания частотной характеристики между граничными частотами, указанными в таблице, черт. 1 иллюстрирует характер номинального значения относительной чувствительности и пределы допустимого отклонения во всем частотном диапазоне от 1 до 10 000 Гц.

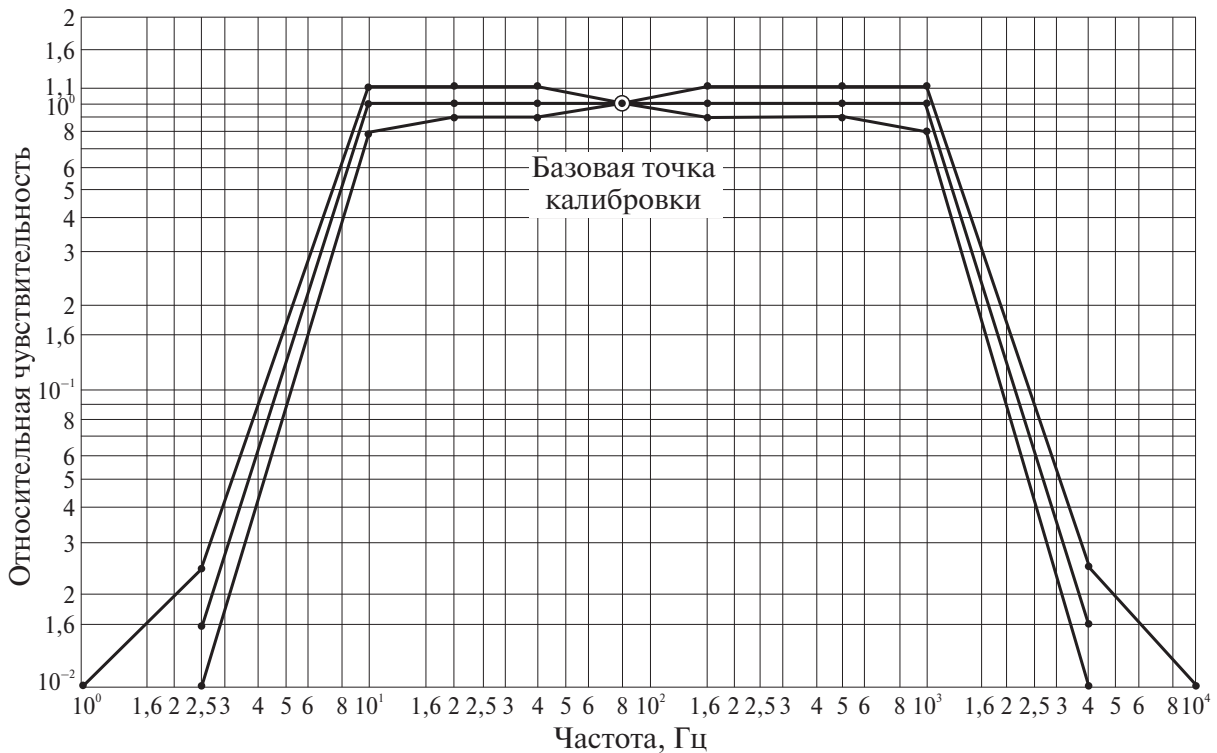
*Примечание.* В некоторых случаях может возникнуть необходимость дальнейшего ограничения частотного диапазона измерений у верхней или нижней границы его для того, чтобы избежать наложения частот вибрации, не требующихся для оценки вибрационных характеристик машины. С этой целью прибор может быть дополнительно оснащен фильтрами высоких или низких частот. Рекомендуется, чтобы граничные частоты и пороговая крутизна этих фильтров выбирались в соответствии с рекомендациями МЭК.

При сужении частотного диапазона с помощью дополнительных фильтров измеренная величина вибрации не может быть использована для оценки интенсивности вибрации в соответствии с ИСО 2372 и ИСО 2373.

Для избежания погрешностей необходимо указывать граничные частоты измеряемого частотного диапазона для измеряемой величины, например (от 40 до 100 Гц) = 7,5 мм/с.

3.3. Выбор диапазона измерений должен быть таким, чтобы индикация самого низшего уровня измеряемой интенсивности вибрации составляла не менее 30 % величины всей шкалы. Должны быть установлены оптимальные и максимальные уровни диапазонов интенсивности (в соответствии с табл. 1 ИСО 2372 «Прибор для измерения интенсивности вибрации в диапазоне 0,28–28 мм/с»).

3.4. Погрешность прибора, измеряющего интенсивность вибрации, складывается из допустимых отклонений частотной характеристики в соответствии с п. 3.2 и погрешности абсолютной величины чувствительности при опорной частоте 80 Гц (то есть погрешность калибровки). Погрешность измерения не должна превышать  $\pm 10\%$  измеренной величины, включая погрешность калибровки, при измерениях в пределах 80 % полной шкалы.



**Черт. 1.** Допустимое номинальное значение относительной чувствительности и пределы допустимого отклонения

Эти предельные значения погрешности относятся ко всему рабочему температурному диапазону, установленному для вибропреобразователей и индикаторов (см. пп. 4.8 и 5.4), для всех типов креплений вибропреобразователей (см. п. 4), для всех длин соединительного кабеля между вибропреобразователем и индикатором, предусмотренных изготовителем (см. п. 4.14), и при колебаниях напряжения питания в пределах  $\pm 10\%$ .

*Примечание.* Одновременно должен проверяться только один из вышеуказанных параметров.

3.5. При калибровке преобразователь должен возбуждаться синусоидальной вибрацией, направление которой не должно отклоняться более чем на  $\pm 5^\circ$  от направления чувствительной оси вибропреобразователя. Суммарное искажение гармонического состава возбуждающей виброскорости не должно превышать 5%. Виброскорость возбуждения должна быть известна с неопределенностью менее чем на  $\pm 3\%$  в пределах всего частотного диапазона измерений. Рекомендуется, чтобы исходная величина чувствительности при 80 Гц была настроена на  $v_{ск} = 100$  мм/с при комнатной температуре ( $20 \pm 2$ ) °С.

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЮ И СОЕДИНИТЕЛЬНОМУ КАБЕЛЮ

4.1. Вибропреобразователь должен быть сейсмического типа, то есть он должен измерять вибрацию относительно опорной статической системы, определяемой способом работы вибропреобразователя.

4.2. Если вибропреобразователь спроектирован для крепления к объекту измерения, то средство крепления должно быть жестким механическим соединением, например цементированием, зажиманием или завинчиванием. В рабочей полосе частот вибропреобразователя не должно быть никаких резонансов жесткого механического крепления или крепежа.

4.3. Для всех типов соединения коэффициент поперечной чувствительности должен быть меньше 0,1 во всем частотном диапазоне измерения.

Максимальный предел виброскорости для линейной характеристики вибропреобразователя должен по крайней мере в 3 раза превышать уровень виброскорости при измерении вибрации в направлении оси чувствительности вибропреобразователя при отклонении стрелки на полную шкалу.

4.4. Для определения степени воздействия вибропреобразователя на объект измерения на приборе должна указываться легко различимая масса вибропреобразователя. Чтобы вибропреобразователь подходил для широкого применения, его масса должна быть как можно меньше.

*Примечание.* Данные в отношении того, является ли масса вибропреобразователя слишком большой, можно получить следующим образом.

Удвоить соответствующую массу вибропреобразователя с помощью дополнительной массы. Если новые показания отличаются от первоначального более чем на 12 %, то масса вибропреобразователя является слишком большой по сравнению с массой объекта измерения, а результат должен быть аннулирован.

4.5. Диапазон амплитуд и частот вибропреобразователя должен быть достаточно широким для избежания превышения допустимой погрешности измерения, установленной в п. 3.4.

4.6. Преобразователь должен выдерживать, не изменяя своих характеристик, вибрацию во всех направлениях, не меньше чем в 3 раза превышающую его установленный максимальный входной импульс.

4.7. Эквивалентная величина входного импульса самовозбуждения от шума и эквивалентная величина входного импульса от посторонних источников возбуждения при величинах полей возбуждения, указанных ниже, не должна влиять на результаты измерений более чем на 10 %. Когда величина зависит от ориентации прибора в поле, следует использовать наиболее неблагоприятную величину.

Изготовитель должен указывать результаты испытаний при следующих условиях, связанных с помехами.

4.7.1. Преобразователь должен подвергаться воздействию однородного магнитного поля напряженностью 100 А/м при частоте 50 или 60 Гц. Напряженность поля должна измеряться перед включением преобразователя.

4.7.2. Преобразователь должен подвергнуться воздействию однородного поля шума со среднеквадратическим уровнем давления звука 100 дБ (по отношению к  $2 \cdot 10^{-5}$  Па) в каждой октаве производимого генератором случайного шума или частотно-модулированным токовым генератором в диапазоне 32 Гц — 2 кГц.

4.7.3. Если преобразователь имеет электропроводящее соединение с объектом измерения и индикатор включен последовательно, тогда ток заземления порядка 100 мА должен быть подан на заземленные концы преобразователя и разряжен на клеммах заземления индикатора.

4.8. Должен быть указан температурный диапазон работы преобразователя и соединительного кабеля, в пределах которого погрешность измерения не превосходит предельные величины, указанные в п. 3.4.

4.9. Должен быть указан допустимый температурный диапазон, в пределах которого преобразователь и соединительный кабель могут работать без повреждений.

4.10. Должны быть указаны максимальные нерабочие предельные значения вибрации и удара по любой оси датчика, которые он может выдержать без повреждения.

4.11. Должна быть указана максимальная влажность, воздействию которой могут подвергнуться вибропреобразователь и соединительный кабель (а также дополнительные кабели) и в среде которой он может продолжать работать.

Если вибропреобразователь должен использоваться в какой-либо другой агрессивной среде, например в коррозионной атмосфере, должна быть указана способность вибропреобразователя работать в этих условиях. Если вибропреобразователь должен использоваться во взрывоопасной среде, то должна быть гарантирована его безопасность.

4.12. Если возможно, то должна быть указана чувствительность вибропреобразователя к деформации его на установочной поверхности.

4.13. Если возможно, то должна быть дана информация в отношении долговечности предсказываемого среднего времени между отказами и рекомендуемого времени между перекалывками вибропреобразователя.

4.14. Если между вибропреобразователем и индикатором есть кабель, то его длина должна быть не менее 1 м. Изготовитель должен указать, какие дополнительные кабели могут использоваться, при этом не должны быть превышены допуски, указанные в п. 4.7.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ИНДИКАТОРУ

5.1. Индикаторный прибор может быть стрелочного, графического или цифрового типа.

5.1.1. Прибор должен указывать истинную среднеквадратическую виброскорость.

5.1.2. Погрешность калибровки прибора не должна превышать  $\pm 2,5$  % максимального значения.

5.1.3. Индикатор на приборе должен давать легко считываемое показание, вплоть до  $\frac{1}{5}$  величины полной шкалы. Для идентификации измеренной величины и единицы измерения  $v_{\text{СК}}$  в мм/с должна быть нанесена на шкале прибора.

5.2. Когда синусоидальный сигнал с частотой, лежащей в рабочем диапазоне измерения, и амплитудой, допускающей установившуюся номинальную величину порядка 70 % полной шкалы, неожиданно подается на ввод индикатора при эквивалентном напряжении, начальное перерегулирование не должно быть больше, чем 10 % окончательного показания. Перерегулирование не должно происходить в то время, когда разность пиковых величин колебаний стрелки по сравнению с окончательным положением стрелки составляет максимум 1,5 % диапазона считывания.

5.3. Для проверки усиления должно быть устройство, которое допускает установку суммарного усиления индикатора при специфической частоте (например, 50 Гц) с неопределенностью менее чем  $\pm 2$  %.

5.4. Должен быть указан рабочий и нерабочий диапазон температур индикатора.

5.5. Должна быть указана максимальная влажность, воздействию которой может подвергнуться индикатор, не выходя из строя.

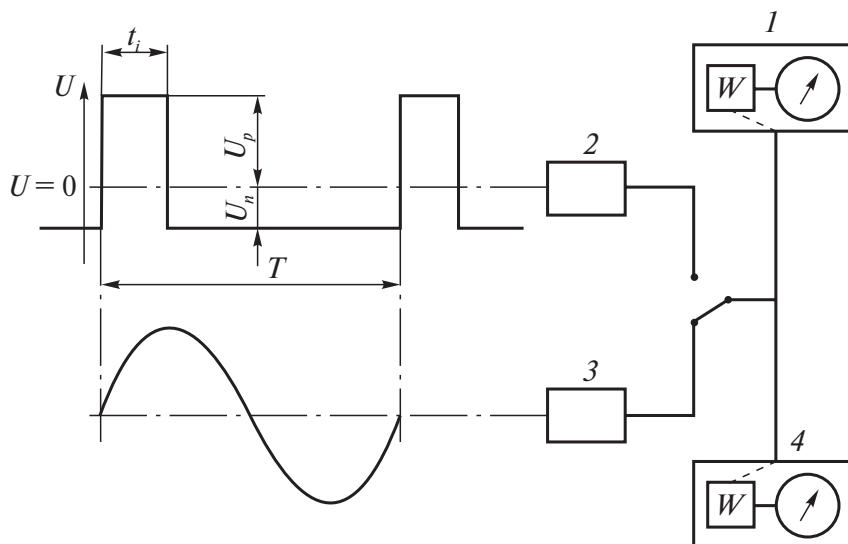
Если индикатор должен эксплуатироваться в условиях, представляющих для него опасность, например в коррозионной среде, то должна быть указана способность его выдерживать воздействие этой опасной среды. Если индикатор должен использоваться во взрывоопасной атмосфере, то должна быть обеспечена его безопасность.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ К ПИТАНИЮ

Должны быть указаны требования к подводимой мощности для вибропреобразователя и индикатора.

## Метод испытаний индикаторов среднеквадратических напряжений

## А.1. Схема испытаний



**Черт. 2.** Схема испытания индикатора среднеквадратических напряжений:

1 — измеритель истинных среднеквадратических значений; 2 — генератор колебаний прямоугольной формы; 3 — генератор синусоидальных колебаний; 4 — испытуемый прибор:  
частотные характеристики приборов согласованы

Данный метод испытания индикаторов среднеквадратических значений базируется на следующем определении крест-фактора:

$$\text{крест-фактор} = \frac{\hat{U}}{\bar{U}},$$

где  $\hat{U}$  — наибольшая амплитуда генерируемой прямоугольной асимметричной волны на черт. 2 (то есть в зависимости от того, что больше);  
 $\bar{U}$  — среднеквадратическое значение волны.

Величины крест-фактора

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt}.$$

По определению

$$\bar{U} = \sqrt{U_n^2 + (U_p^2 - U_n^2) \left( \frac{t_i}{T} \right)};$$

Для общего случая, показанного на черт. 2, может быть показано, что

$$\text{крест-фактор} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{U_n^2 + (U_p^2 - U_n^2) \left( \frac{t_i}{T} \right)}}.$$

Имеются особые случаи:

А. симметричная прямоугольная волна  $\left( U_p = U_n \text{ и } t_i = \frac{T}{2} \right)$

крест-фактор = 1;

В-1. асимметричная прямоугольная волна  $\left( U_p > U_n \text{ и } t_i = \frac{T}{2} \right)$

$$\text{крест-фактор} = \sqrt{\frac{2}{1 + (U_n/U_p)^2}};$$

В-2. асимметричная прямоугольная волна  $\left( U_p < U_n \text{ и } t_i = \frac{T}{2} \right)$

$$\text{крест-фактор} = \sqrt{\frac{2}{1 + (U_p/U_n)^2}};$$

С. волна с прямоугольным импульсом ( $U_n = 0$  и  $t_i < T$ )

$$\text{крест-фактор} = \sqrt{\frac{T}{t_i}}.$$

## А.2. Методика

А.2.1. Установить генератор прямоугольной волны для  $t_i = 4$  мс.

Установить период  $T$  обоих генераторов равным 8 мс.

А.2.2. Установить амплитуду генератора синусоидальных колебаний для прибора, подлежащего испытанию, приблизительно 90 % полной шкалы. Отметить показание на измерителе истинных среднеквадратических значений.

А.2.3. Замкнуть цепь генератора колебаний прямоугольной формы и установить такую же амплитуду, как в п. А.2.2 на испытуемом приборе. Отметить показание на измерителе истинных среднеквадратических значений.

А.2.4. Повторить п. А.2.3, варьируя период  $T$  от 8 до 40 мс.

А.2.5. Разница в показаниях измерителя истинных среднеквадратических значений пп. А.2.2 и А.2.3 не должна превышать 5 % полной шкалы испытываемого прибора для всех значений  $T$ , данных в п. А.2.4.