

---

---

**Акустика и вибрация. Лабораторные измерения виброакустических передаточных характеристик упругих элементов.**

Часть 5.

**Метод измерения входной частотной характеристики для определения низкочастотной переходной жесткости упругих опор при поступательном движении**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/895638ac-dd63-436e-b095-44bc>

*Acoustics and vibration — Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer properties of resilient elements —*

*Part 5: Driving point method for determination of the low-frequency transfer stiffness of resilient supports for translatory motion*

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R (Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер  
ISO 10846-5:2008

**Отказ от ответственности при работе в PDF**

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или вывести на экран, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на загрузку интегрированных шрифтов в компьютер, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe – торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 10846-5:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/895638ac-dd63-436e-b095-44be5e594449/iso-10846-5-2008>



**ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

© ISO 2008

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO по адресу, указанному ниже, или членом ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Опубликовано в Швейцарии

## Содержание

Страница

|  |    |
|--|----|
| Предисловие .....  | iv |
| Введение .....   | v  |
| 1 Область применения .....   | 1  |
| 2 Нормативные ссылки .....   | 2  |
| 3 Термины и определения .....  | 3  |
| 4 Принцип .....  | 6  |
| 5 Испытательные установки .....  | 7  |
| 5.1 Поступательные движения в нормальном направлении .....   | 7  |
| 5.2 Поступательные движения в поперечном направлении .....   | 8  |
| 5.3 Подавление нежелательных вибраций .....  | 9  |
| 6 Критерии адекватности испытательной установки .....  | 13 |
| 6.1 Общие требования .....   | 13 |
| 6.2 Определение верхней предельной частоты .....   | 14 |
| 6.3 Датчики силы .....   | 14 |
| 6.4 Акселерометры .....  | 15 |
| 6.5 Суммирование сигналов .....  | 15 |
| 6.6 Анализаторы .....  | 15 |
| 7 Методики испытания .....   | 15 |
| 7.1 Установка испытательных элементов .....  | 15 |
| 7.2 Выбор системы измерения силы и плит, равномерно распределяющих силу .....                            | 16 |
| 7.3 Монтаж и соединение акселерометров .....   | 16 |
| 7.4 Монтаж и соединения возбуждителя вибраций .....  | 16 |
| 7.5 Сигнал источника .....   | 16 |
| 7.6 Измерения .....  | 17 |
| 7.7 Испытание на линейность .....  | 18 |
| 8 Оценка результатов испытаний .....   | 19 |
| 8.1 Вычисление динамической входной жесткости .....  | 19 |
| 8.2 Значения динамической входной жесткости, усредненной по частоте, в третьоктавной полосе частот ..... | 20 |
| 8.3 Значения переходной жесткости, усредненной по частоте, в третьоктавной полосе частот .....           | 20 |
| 8.4 Представление результатов в третьоктавной полосе частот .....  | 20 |
| 8.5 Представление данных в узкой полосе частот .....   | 21 |
| 9 Записываемая информация .....  | 22 |
| 10 Протокол испытания .....  | 24 |
| Приложение А (информативное) Кривая зависимости деформации от статической нагрузки .....                 | 25 |
| Приложение В (информативное) Погрешность измерений .....   | 26 |
| Библиография .....   | 30 |

## Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, установленными в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Основная задача технических комитетов состоит в подготовке международных стандартов. Проекты международных стандартов, одобренные техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы этого документа могут быть объектом патентных прав. ISO не должен нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

ISO 10846-5 подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 43, *Акустика*, Подкомитетом SC 1, *Шум*, и ISO/TC 108, *Механическая вибрация, удар и мониторинг состояния*.

ISO 10846 состоит из следующих частей под общим названием *Акустика и вибрация. Лабораторные измерения виброакустических передаточных характеристик упругих элементов*:

- *Часть 1. Принципы и руководящие указания*
- *Часть 2. Определение динамической жёсткости упругих опор при поступательном движении. Прямой метод*
- *Часть 3. Определение динамической жёсткости упругих опор при поступательном движении. Косвенный метод*
- *Часть 4. Динамическая жёсткость элементов, кроме упругих опор, при поступательном движении*
- *Часть 5. Метод измерения входной частотной характеристики для определения низкочастотной переходной жесткости упругих опор при поступательном движении*

## Введение

Пассивные виброизоляторы разных типов используются для снижения уровня передаваемой вибрации. Примерами таких виброизоляторов являются подвески автомобильных двигателей, упругие опоры зданий, упругие основания и упругие муфты в соединениях валов судовых машин, а также небольшие изоляторы для приборов бытового назначения.

Настоящая часть ISO 10846 устанавливает метод измерения входной частотной характеристики для определения низкочастотной функции динамической переходной жесткости линейных упругих опор. В ней рассматриваются упругие опоры с нелинейными характеристиками, описываемыми кривой зависимости деформации от статической нагрузки, при условии, что вибрационное поведение элементов при заданной предварительной статической нагрузке остается приблизительно линейным. Настоящая часть ISO 10846 входит в серию международных стандартов по методам лабораторных измерений виброакустических свойств упругих элементов, которые также включают документы по принципам измерений, прямому методу и косвенному методу. Руководящие указания по выбору соответствующего международного стандарта даются в ISO 10846-1.

Лабораторные условия, описанные в настоящей части ISO 10846, включают условия приложения статической предварительной нагрузки, если это необходимо.

Результаты, получаемые при применении метода, описанного в настоящей части ISO 10846, являются полезными в случае упругих элементов, которые используются для подавления низкочастотной вибрации и ослабления шума, возникающего в конструкции, в нижней части диапазона звуковых частот. Однако для полной категоризации упругих элементов, используемых для ослабления низкочастотной вибрации или снижения амплитуд ударных воздействий, требуется дополнительная информация, которая не предоставляется этим методом.

ISO 10846-5:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/895638ac-dd63-436e-b095-44be5e594449/iso-10846-5-2008>



# Акустика и вибрация. Лабораторные измерения виброакустических передаточных характеристик упругих элементов.

## Часть 5.

### Метод измерения входной частотной характеристики для определения низкочастотной переходной жесткости упругих опор при поступательном движении

#### 1 Область применения

Настоящая часть ISO 10846 устанавливает метод измерения входной частотной характеристики для определения низкочастотной динамической переходной жесткости при поступательных вибрациях упругих опор, к которым прилагается заданная предварительная нагрузка. Метод предназначен для лабораторных измерений вибраций и сил на входной стороне с заторможенной выходной стороной виброизолятора и называется "методом измерения входной частотной характеристики".

Жесткость, определяемая путем измерений входного перемещения (скорости, ускорения) и силы на входе, является динамической входной жесткостью. Данный метод может использоваться для определения динамической переходной жесткости только на низких частотах, на которых входная жесткость и переходная жесткость равны.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** В ISO 10846-2 рассматривается прямой метод измерения динамической переходной жесткости. Этот метод распространяется на определение низкочастотной динамической переходной жесткости и в принципе охватывает более широкий диапазон частот, чем метод измерения входной частотной характеристики. Тем не менее, метод измерения входной частотной характеристики рассматривается также в серии международных стандартов ISO 10846. Считается, что он представляет полезный вариант для владельцев (часто дорогих) испытательных установок, используемых в измерениях входной жесткости, расширяя применение этих установок для измерения низкочастотной динамической переходной жесткости.

Метод применим к испытательным элементам с параллельными фланцами (см. Рисунок 1).

Упругие элементы, являющиеся предметом рассмотрения в настоящей части ISO 10846, используются

- a) для снижения уровня передаваемых вибраций в нижней части диапазона звуковых частот (обычно в диапазоне от 20 Гц до 200 Гц) в конструкции, которая, например, может излучать нежелательный звук в текучую среду (в воздух, воду или другую текучую среду), а также
- b) для снижения уровня низкочастотных вибраций (обычно в диапазоне от 1 Гц до 80 Гц), которые, например, могут неблагоприятно воздействовать на людей или повреждать конструкции любого размера, если вибрация является слишком сильной.

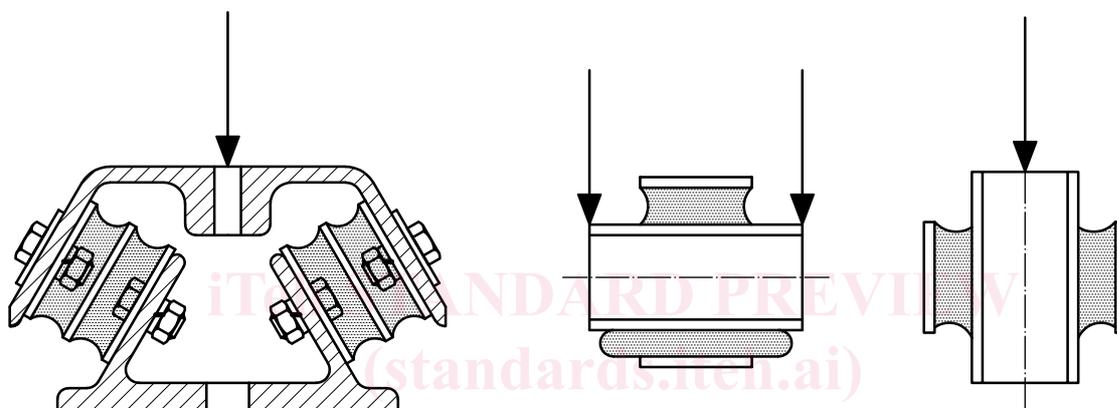
**ПРИМЕЧАНИЕ 2** На практике размеры используемой испытательной установки (используемых испытательных установок) определяют ограничения, накладываемые на очень малые и очень большие упругие опоры.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** В данном методе предусматривается использованием образцов сплошных опор в виде прокладок и защитных покрытий. Вопрос о том, в достаточной ли степени такой образец описывает поведение сложной системы, остается на рассмотрение пользователя настоящей части ISO 10846.

В настоящей части ISO 10846 рассматриваются измерения поступательных вибраций в нормальном и поперечном направлениях по отношению к фланцам. Данный метод охватывает диапазон частот, начиная с частоты  $f_1 = 1$  Гц и кончая верхней предельной частотой  $f_{UL}$ . Типичное значение частоты  $f_{UL}$  лежит в диапазоне  $50 \text{ Гц} \leq f_{UL} \leq 200 \text{ Гц}$ .

Данные, полученные методом измерений, установленным в настоящей части ISO 10846, могут быть использованы для:

- получения информации о продукте, предоставляемой изготовителями и поставщиками;
- получения информации в процессе проектирования продукта;
- контроля качества; и
- вычисления вибрации, передаваемой через изоляторы.



ПРИМЕЧАНИЕ 1 Если упругая опора не имеет параллельных фланцев, то для их установки используется вспомогательное крепление как часть испытательного элемента.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Стрелки указывают направление приложения нагрузки.

**Рисунок 1 – Пример упругих опор с параллельными фланцами**

## 2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные нормативные документы являются обязательными при применении данного документа. Для жестких ссылок применяется только цитированное издание документа. Для плавающих ссылок необходимо использовать самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 266, *Акустика. Предпочтительные частоты*

ISO 2041:—<sup>1)</sup>, *Механическая вибрация, удар и мониторинг состояния. Словарь*

ISO 5348, *Вибрация и удар механические. Механическое крепление акселерометров*

ISO 7626-1, *Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Часть 1. Основные определения и датчики*

ISO 10846-1, *Акустика и вибрация. Лабораторные измерения виброакустических передаточных характеристик упругих элементов. Часть 1. Принципы и руководящие указания*

1) Будет опубликован. (Пересмотренное издание ISO 2041:1990)

ISO 16063-21, Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 21. Калибровка вибрации путем сравнения с эталонным датчиком

ISO/IEC Guide 98-3<sup>2)</sup>. Погрешность измерений. Часть 3. Руководство по представлению (GUM 1995)

### 3 Термины и определения

Для целей настоящего документа используются термины и определения, установленные в ISO 2041, а также следующие термины и определения.

#### 3.1

**виброизолятор**  
**упругий элемент**  
**vibration isolator**  
**resilient element**

изолятор, разработанный для ослабления передаваемой вибрации в установленном частотном диапазоне

ПРИМЕЧАНИЕ Адаптировано из ISO 2041:—<sup>1)</sup>, определение 2.120.

#### 3.2

**упругая опора**  
**resilient support**

виброизолятор (виброизоляторы), подходящий (подходящие) для использования в качестве опор машин, зданий или конструкций другого типа

#### 3.3

**испытательный элемент**  
**test element**

упругий элемент, подвергаемый испытаниям, в том числе фланцы и вспомогательные крепления, если они используются

#### 3.4

**затормаживающая сила**  
**blocking force**

$F_b$

динамическая сила, действующая на выходную сторону виброизолятора, приводящая к нулевому перемещению на выходе

#### 3.5

**динамическая входная жесткость**  
**dynamic driving point stiffness**

$k_{1,1}$

отношение, зависящее от частоты, фазора силы  $\underline{F}_1$  на входной стороне виброизолятора с заторможенной выходной стороной к фазору перемещения  $\underline{u}_1$  на входной стороне

$$k_{1,1} = \underline{F}_1 / \underline{u}_1$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Нижний индекс "1" обозначает, что сила и перемещение измеряются на входной стороне.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Значение  $k_{1,1}$  может зависеть от статической предварительной нагрузки, температуры, относительной влажности и других факторов.

2) ISO/IEC Guide 98-3 будет переиздан как *Руководство по представлению погрешности измерений (GUM)*, 1995.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 На низких частотах упругая и диссипативная силы однозначно определяют величину  $k_{1,1}$ . На высоких частотах важную роль играют также силы инерции.

**3.6**  
**динамическая переходная жесткость**  
**dynamic transfer stiffness**

$k_{2,1}$   
отношение, зависящее от частоты, фазора затормаживающей силы  $\underline{F}_{2,b}$  на выходной стороне упругого элемента к фазору перемещения  $\underline{u}_1$  на входной стороне

$$k_{2,1} = \underline{F}_{2,b} / \underline{u}_1$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Нижние индексы "1" и "2" обозначают входную и выходную стороны, соответственно.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Значение  $k_{2,1}$  может зависеть от статической предварительной нагрузки, температуры, относительной влажности и других факторов.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 На низких частотах величина  $k_{2,1}$  однозначно определяется упругой и диссипативной силами и  $k_{1,1} \approx k_{2,1}$ . На более высоких частотах важную роль играют также силы инерции в упругом элементе и  $k_{1,1} \neq k_{2,1}$ .

**3.7**  
**коэффициент потерь упругого элемента**  
**loss factor of resilient element**

$\eta$   
отношение мнимой части  $k_{2,1}$  к действительной части  $k_{2,1}$ , т. е. тангенс фазового угла  $k_{2,1}$ , в низкочастотном диапазоне, в котором силы инерции в элементе являются пренебрежимо малыми

**3.8**  
**динамическая переходная жесткость, усредненная по частоте**  
**frequency-averaged dynamic transfer stiffness**

$k_{av}$   
функция частоты среднего значения динамической переходной жесткости в полосе частот  $\Delta f$

ПРИМЕЧАНИЕ См. 8.2.

**3.9**  
**точечный контакт**  
**point contact**

контактная площадка, вибрирующая как поверхность твердого тела

**3.10**  
**поступательное движение в направлении нормали**  
**normal translation**

поступательная вибрация в направлении, перпендикулярном фланцу упругого элемента

**3.11**  
**поступательное движение в поперечном направлении**  
**transverse translation**

поперечная вибрация в направлении, перпендикулярном направлению поступательного движения по нормали

**3.12**  
**линейность**  
**linearity**

характеристика динамического поведения упругого элемента, если она удовлетворяет принципу суперпозиции

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Принцип суперпозиции может быть сформулирован следующим образом: если входной сигнал  $x_1(t)$  создает выходной сигнал  $y_1(t)$  и в отдельном испытании входной сигнал  $x_2(t)$  создает выходной сигнал  $y_2(t)$ , то суперпозиция имеет место, если входной сигнал  $a x_1(t) + b x_2(t)$  создает выходной сигнал  $a y_1(t) + b y_2(t)$ . Это правило должно выполняться для всех значений  $a$ ,  $b$  и  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ;  $a$  и  $b$  – произвольные постоянные.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В действительности испытание на линейность, указанное выше, является малоприменимым с практической точки зрения и ограниченная проверка линейности выполняется путем измерения динамической переходной жесткости в диапазоне уровней входного сигнала. Для отдельной предварительной нагрузки, если динамическая переходная жесткость является номинально инвариантной, система может считаться линейной. В действительности эта процедура проверяет пропорциональность отклика и возбуждения (см. 7.7).

### 3.13

#### метод измерения входной частотной характеристики driving point method

метод, в котором измеряются одна из характеристик движения – перемещение, скорость или ускорение на входе и входная сила с заторможенной выходной стороной упругого элемента

### 3.14

#### уровень силы force level

$L_F$

уровень, определяемый по следующей формуле:

$$L_F = 10 \lg \frac{F^2}{F_0^2} \text{ дБ},$$

где  $F^2$  – среднее квадратическое значение силы в определенной полосе частот,  $F_0$  – опорная сила ( $F_0 = 10^{-6}$  Н)

### 3.15

#### уровень ускорения acceleration level

$L_a$

уровень, определяемый по следующей формуле:

$$L_a = 10 \lg \frac{a^2}{a_0^2} \text{ дБ},$$

где  $a^2$  – среднее квадратическое значение ускорения в определенной полосе частот,  $a_0$  – опорное ускорение ( $a_0 = 10^{-6}$  м/с<sup>2</sup>)

### 3.16

#### уровень динамической переходной жесткости level of dynamic transfer stiffness

$L_{k_{2,1}}$

уровень, определяемый по следующей формуле:

$$L_{k_{2,1}} = 10 \lg \frac{|k_{2,1}|^2}{k_0^2} \text{ дБ},$$

где  $|k_{2,1}|^2$  – квадратичная величина динамической переходной жесткости (3.6) на установленной частоте,  $k_0$  – опорная жесткость ( $k_0 = 1$  Н/м)

### 3.17

**уровень динамической переходной жесткости, усредненной в полосе частот**  
**level of frequency-band-averaged dynamic transfer stiffness**

$L_{k_{av}}$

уровень, определяемый по следующей формуле:

$$L_{k_{av}} = 10 \lg \frac{k_{av}^2}{k_0^2} \text{ дБ,}$$

где  $k_{av}$  динамическая переходная жесткость, усредненная по частоте (3.8),  $k_0$  – опорная жесткость ( $k_0 = 1 \text{ Н/м}$ )

### 3.18

**передача вибрации в обход виброизолятора**  
**flanking transmission**

силы и ускорения на выходной стороне, создаваемые возбудителем вибраций на входной стороне, но каналы передачи вибрации не проходят через испытываемый упругий элемент

### 3.19

**верхняя предельная частота**  
**upper limiting frequency**

$f_{UL}$

частота, вплоть до которой результаты определения величины  $k_{1,2}$  являются достоверными в соответствии с критериями, установленными в разных частях ISO 10846

ПРИМЕЧАНИЕ См. 6.2.

## 4 Принцип

ISO 10846-5:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/895638ac-dd63-436e-b095->

Принцип, лежащий в основе метода измерения входной частотной характеристики, обсуждается ISO 10846-1. Основной принцип состоит в том, что сила на входе и либо входное смещение, скорость или ускорение измеряются при заторможенной выходной стороне виброизолятора. По результатам, полученным в измерениях, определяется входная жесткость  $k_{1,1}$ . На низких частотах вплоть до частоты  $f_{UL}$ , входная жесткость  $k_{1,1}$  приближенно равна переходной жесткости  $k_{2,1}$ .

Основание должно обеспечивать достаточное ослабление вибраций на выходной стороне испытываемого объекта по сравнению с вибрациями на входной стороне.

Масса, устанавливаемая между испытательным изолятором и датчиками силы на входе, является источником систематической ошибки измерения силы на входе, которая ограничивает диапазон частот для правильного измерения величины  $k_{1,1}$  и является одной из причин расхождения величин  $k_{1,1}$  и  $k_{2,1}$ .

Инертные свойства массы, приводящие к возникновению собственных колебаний упругого элемента, являются другой причиной расхождения величин  $k_{1,1}$  и  $k_{2,1}$ .

В настоящей части ISO 10846 представлен метод определения предельной частоты  $f_{UL}$ , вплоть до которой точность эквивалентности величин  $k_{1,1}$  и  $k_{2,1}$  равна 2 дБ или лежит в пределах 2 дБ.

Методика испытания, соответствующая настоящей части ISO 10846, распространяется на измерения переходной жесткости в случае однонаправленных возбуждений по отдельности в нормальном и поперечном направлениях.