
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р

(ИСО 15242-1:
2004)

Подшипники качения

Методы измерения вибрации
Часть 1. Основные положения

Rolling bearings

Measuring methods for vibration

Part 1: Fundamentals (MOD)

Издание официальное

Москва
ИПК Издательство стандартов
2005

Предисловие

Задачи, основные принципы и правила проведения работ по государственной стандартизации в Российской Федерации установлены ГОСТ Р 1.0–92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов».

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН ОАО «ВНИПП» на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4.

2 ВНЕСЕН ТК-307 «Подшипники качения»

3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Федерального Агентства по стандартизации и метрологии России от №

4 Настоящий национальный стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 15242-1:2004 «Подшипники качения – Методы измерения вибрации - Часть 1: Основные положения» (ISO 15242-1:2004 «Rolling bearings - Measuring methods for vibration - Part 1: Fundamentals», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст этих изменений – в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты».

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

Предисловие	II
Введение	IV
Введение к международному стандарту ИСО 15242-1.....	V
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Основные принципы	3
4.1 Измерение вибрации подшипника	3
4.2 Характеристики оси вращения	4
4.3 Погрешность вращения подшипника	5
4.4 Вибрация подшипника	6
5 Процесс измерения	6
5.1 Основные принципы измерения	6
5.2 Скорость вращения	6
5.3 Ориентация оси вращения подшипника	7
5.4 Нагрузка на подшипник	7
5.5 Вибропреобразователи	7
6 Методы измерения и оценки	8
6.1 Измеряемые параметры вибрации	8
6.2 Частотная область	8
6.3 Временная область	8
6.4 Характеристики вибропреобразователя и фильтра	8
6.5 Метод усреднения по времени	10
6.6 Последовательность проведения измерений	11
7 Условия измерений	11
7.1 Требования к измеряемому подшипнику	11
7.2 Условия окружающей среды при измерении	12
7.3 Требования к устройству измерения	12
7.4 Требования к оператору	13
8 Калибровка и точность измерительной системы	13
8.1 Общие сведения	13
8.2 Калибровка компонентов системы	13
8.3 Точность измерительной системы	14
Приложение А (справочное). Рассмотрение контактного резонанса.....	15
Приложение В (справочное). Соотношение динамических диапазонов.....	16
Приложение С (справочное) Элементы стандарта ИСО 15242-1, которые применены в настоящем стандарте с модификацией их содержания для учета особенностей национальной стандартизации	17

Настоящий национальный стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 15242-1. При этом дополнительные положения, учитывающие потребности национальной экономики и особенности национальной стандартизации приведены в пунктах 6.1.2, 8.3.2 и 8.3.3 и терминологических статьях 3.16 и 3.17, которые выделены одиночной вертикальной линией, расположенной справа от текста. Требования пункта 6.1.2 добавлены в связи с тем, что в Российской Федерации широко распространено измерение вибрации машин и механизмов, и в частности подшипников качения, в относительных величинах – логарифмических уровнях виброскорости и виброускорения. Пункты 8.3.2 и 8.3.3 добавлены в соответствии с положениями ГОСТ 8.563, ГОСТ ИСО 5725-1 и ГОСТ ИСО 5725-6, в которых требуется отображать характеристики точности методов измерений. В связи с этим добавлена и терминологическая статья 3.17. Терминологическая статья 3.16 добавлена, поскольку определяемый термин применяется, как в используемом, так и в модифицированном стандарте.

Учитывая требования национальной экономики по достижению большей достоверности и точности измерений, расширен частотный и динамический диапазон измерения вибрации и сужены поля допусков амплитудно-частотных характеристик вибропреобразователя и фильтров, введены требования по измерению октавных и третьоктавных спектров. В связи с этим изменены рисунки 3 и 4, которые выделены вертикальной линией, расположенной слева от этих рисунков. В пункте 6.2.1 в связи с этим изменен нижний предел частотного диапазона с 50 Гц на 20 Гц, который выделен в тексте курсивом. Пункт 6.2.2, который выделен вертикальной линией, расположенной слева от текста, дополнен требованиями по измерению октавных и третьоктавных спектров. В пункте 6.4.2 изменен верхний предел динамического диапазона с 3000 мкм/с на 10000 мкм/с, который выделен в тексте курсивом. Все эти изменения влекут автоматическое выполнение требований используемого стандарта при выполнении требований модифицированного стандарта.

Изменен раздел 7.2, содержащий требования к окружающей среде. В целях упрощения пользования стандартом вместо ссылки на три стандарта ИСО приведены конкретные допуски для параметров атмосферы. При этом выполнение требований модифицированного стандарта автоматически влекут выполнение требований используемого стандарта.

В подпункте 7.3.5.1 вместо ссылки на стандарт ИСО 286-2 дана ссылка на ГОСТ 25347, распространяющийся на тот же объект стандартизации. Данная ссылка выделена курсивом.

Оригинальный текст аутентичного перевода измененных структурных элементов примененного международного стандарта приведен в дополнительном приложении С.

В модифицированном стандарте добавлено справочное приложение В, дающее соотношение между частотно-динамическими диапазонами для датчиков виброперемещения, виброскорости и виброускорения. В связи с этим пункт 5.5.3 дополнен выделенной курсивом ссылкой на это приложение.

Структура и нумерация структурных элементов не изменена, добавлена нумерация абзацев внутри структурных элементов используемого стандарта.

Настоящий стандарт является первой частью стандарта под общим заголовком «Подшипники качения. Методы измерения вибрации», состоящего из следующих частей:

- Часть 1. Основные положения;
- Часть 2. Радиальные и радиально-упорные шариковые подшипники;
- Часть 3. Радиальные роликовые сферические и конические подшипники;
- Часть 4. Радиальные роликовые подшипники с короткими цилиндрическими роликами.

Все указанные части являются модифицированными по отношению к соответствующим частям международного стандарта ИСО 15242.

Введение к международному стандарту ИСО 15242-1

Вибрация вращающихся подшипников качения является важной рабочей характеристикой этих подшипников. Вибрация может оказывать влияние на работу механической системы, в которую вмонтирован подшипник, и может создавать акустический шум, если эта вибрация передаётся в окружающую среду, в которой эта механическая система работает.

Вибрация вращающегося подшипника качения является сложным физическим явлением, зависимым от условий работы. Измерение параметров вибрации отдельного подшипника при определенной совокупности условий не обязательно полностью характеризует вибрацию при иной совокупности условий или в том случае, когда подшипник становится частью большего узла.

Оценка звука, создаваемого механической системой, частью которой является подшипник, усложняется влиянием условий сопряжения, расположением и ориентацией преобразователя, и акустической средой, в которой работает эта система. Оценка воздушного шума, который можно определить как неприятный и нежелательный звук, ещё больше усложняется субъективным характером терминов *неприятный* и *нежелательный*. Структурную вибрацию можно рассматривать как механизм возбуждения, который, в конце концов, приводит к образованию воздушного шума. В настоящем издании ИСО 15242 рассматриваются только отдельные методы измерения структурной вибрации вращающихся подшипников качения.

Настоящая часть ИСО 15242 предназначена для точного определения и указания измеряемых физических величин, основных условий измерений на измерительном стенде и условий окружающей среды, в которой проводится измерение вибрации, создаваемой подшипниками качения. На базе этой части ИСО 15242, стороны, принимающие участие в приёмочном контроле подшипников качения, могут, путём соглашения, установить приёмочный критерий, посредством которого можно контролировать вибрацию подшипника.

Вибрации вращающихся подшипников качения можно оценить любым из ряда имеющихся средств, с применением различных типов преобразователей при различных условиях измерений. Нет простого набора величин, характеризующих вибрацию подшипника, который был бы исчерпывающим для оценки действия вибрации во всех возможных видах применения. И, наконец, для выбора наиболее подходящего метода измерений необходимо знание типа подшипника, способа его применения и цель измерения вибрации (например, диагностика процесса производства или оценка качества изделия). Поэтому, область применения стандартов по измерению вибрации подшипника не является универсальной. Тем не менее, определённые методы приобрели достаточный уровень распространения, чтобы рассматривать их как стандартные методы при разработке настоящей части ИСО 15242.

Настоящая часть ИСО 15242 служит для определения общих принципов измерения вибрации. В последующих частях будут более подробно представлены методы оценки вибрации различных типов подшипников с цилиндрическим отверстием и цилиндрической наружной поверхностью.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Подшипники качения

Методы измерения вибрации**Часть 1. Основные положения**

Rolling bearings

Measuring methods for vibration

Part 1: Fundamentals

Дата введения

1 Область применения

Настоящая часть стандарта определяет и устанавливает методы измерения вибрации вращающихся подшипников качения, условия измерений, методы калибровки и проверки точности применяемых для этого измерительных систем.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 520–2002 Подшипники качения. Общие технические условия

ГОСТ 12090–80 Частоты для акустических измерений. Предпочтительные ряды

ГОСТ 16819–71 Приборы виброизмерительные. Термины и определения (ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар – Словарь», NEQ)

ГОСТ 24346–80 Вибрация. Термины и определения (ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар – Словарь», NEQ)

ГОСТ 24347–80 Вибрация. Обозначения и единицы величин (ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар – Словарь», NEQ)

ГОСТ 24955–81 Подшипники качения. Термины и определения (ИСО 5593:1997 «Подшипники качения – Словарь», NEQ)

ГОСТ Р

ГОСТ 25347–82 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки (ИСО 286-2:1988 «Допуски и посадки по системе ISO. Часть 2. Таблицы классов стандартных допусков и предельных отклонений на размеры отверстий и валов», NEQ)

ГОСТ 30296–95 Аппаратура общего назначения для определения основных параметров вибрационных процессов

ГОСТ Р ИСО 5725–1–2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения

ГОСТ Р ИСО 5725–6–2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Государственные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 520, ГОСТ 16819, ГОСТ 24346, ГОСТ 24347, ГОСТ 24955, ГОСТ Р ИСО 5725–1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 погрешность вращения (error motion): Радиальное, осевое или угловое отклонение оси вращения, исключая перемещения связанные с изменением температуры или нагрузки, прилагаемой извне.

3.2 жёсткость (stiffness): Отношение изменения усилия (или крутящего момента) к соответствующему изменению поступательного (или вращательного) смещения упругого элемента.

3.3 вибрация (vibration): Изменение во времени значения величины, описывающей движение или положение механической системы, если это значение попеременно меняется в большую и меньшую сторону от некоторого среднего или исходного значения.

3.4 преобразователь (transducer): Устройство, предназначенное для восприятия энергии от одной системы и передачи энергии к другой системе того же, либо другого типа таким образом, что требуемые энергетические характеристики на входе, проявляются на выходе.

3.5 электромеханический преобразователь (electromechanical pickup): Преобразователь, возбуждаемый энергией механической системы (сжатие, усилие, перемещение и т. д.) и передающий энергию к электрической системе, или наоборот.

3.6 виброперемещение (перемещение) (displacement): Векторная величина, определяющая изменение положения тела, или частицы, по отношению к системе отсчёта.

3.7 виброскорость (скорость) (velocity): Векторная величина, определяющая производную виброперемещения по времени

3.8 виброускорение (ускорение) (acceleration): Векторная величина, определяющая производную виброскорости по времени

3.9 волновой фильтр (фильтр) (wave filter): Устройство для разделения колебаний на основе их частоты, имеющее относительно малое затухание колебаний в одной или более полосах частот и относительно большое затухание колебаний на других частотах.

3.10 полосовой фильтр (band-pass filter): Фильтр, имеющий единственную полосу пропускания, простирающуюся от нижней граничной частоты, большей 0, до верхней граничной частоты.

3.11 **полоса пропускания полосового фильтра (полоса пропускания)** (pass-band): Полоса частот между верхней и нижней граничными частотами.

3.12 **номинальные верхняя и нижняя граничные частоты полосового фильтра (верхняя и нижняя граничные частоты)** (nominal lower and upper cut-off frequencies): Частоты выше и ниже частоты максимальной чувствительности фильтра, при которых чувствительность к синусоидальному сигналу на 3 дБ ниже величины максимальной чувствительности.

3.13 **среднее квадратическое значение виброскорости \tilde{V} ; СКЗ** (root-mean-square velocity; r.m.s. velocity): Корень квадратный из среднего значения квадратов значений виброскорости взятых во временном интервале.

Примечание – Среднее квадратическое значение применимо также к величинам виброперемещения (\tilde{S}) и виброускорения (\tilde{a}).

3.14 **экспоненциальное среднее квадратическое значение виброскорости $\tilde{V}_{\text{эксн}}$** (exponential mean effective velocity $v_{\text{e.m.e.}}$; e.m.e velocity): Параметр для получения усреднённой по времени виброскорости, подобный среднему квадратическому значению виброскорости, но учитывающий экспоненциальное затухание по времени значений величины.

Примечание – экспоненциальное среднее квадратическое значение применимо также к величинам виброперемещения ($\tilde{S}_{\text{эксн}}$) и виброускорения ($\tilde{a}_{\text{эксн}}$).

3.15 **период** (period): Наименьшее приращение независимой переменной периодической величины, через которое функция повторяет саму себя.

3.16 **импульс вибрации P , мкм/с** (peak): Кратковременная высокочастотная затухающая составляющая сигнала виброскорости.

Примечание – Следует отличать это понятие от понятия пикового значения виброскорости.

3.17 **расширенная неопределенность U** (expanded uncertainty): Величина, определяющая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого, как можно ожидать, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могли бы быть приписаны измеряемой величине.

Примечания

1 Если y – результат измерений, а U – расширенная неопределенность, то этот интервал будет от $y-U$ до $y+U$.

2 Этот интервал рассматривается, как доверительный интервал с определенной доверительной вероятностью (уровнем доверия).

4 Основные принципы

4.1 Измерение вибрации подшипника

На рисунке 1 представлены основные элементы измерения вибрации подшипника и факторы, влияющие на измерение. Нумерация на рисунке 1 соответствует нумерации пунктов этой части стандарта.

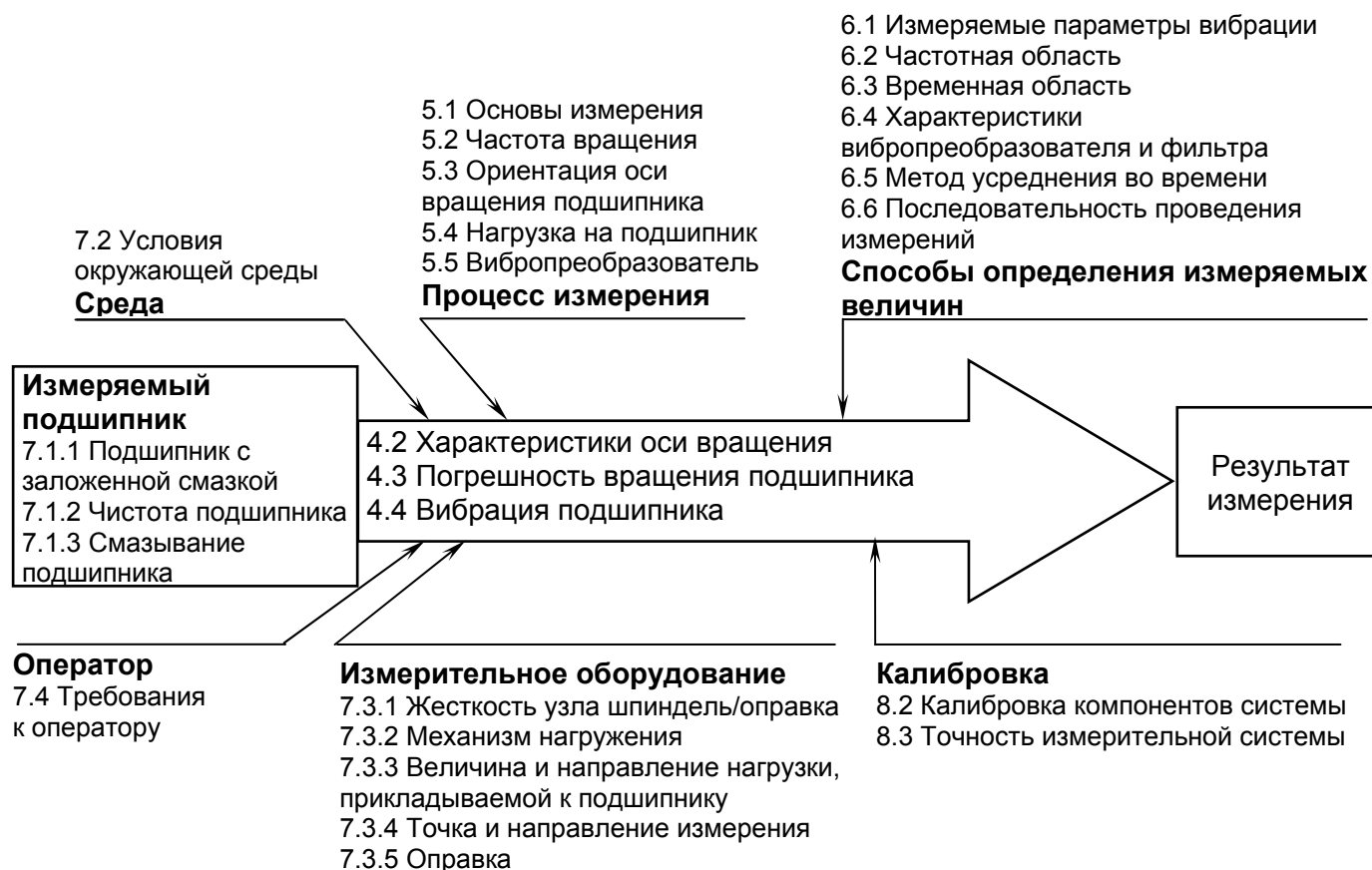
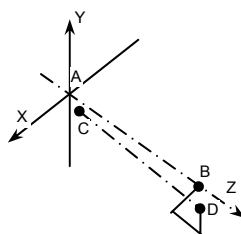


Рисунок 1 – Основные элементы измерения вибрации подшипника и факторы влияющие на это измерение

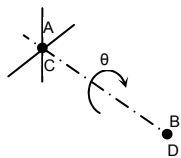
4.2 Характеристики оси вращения

4.2.1 Подшипник качения предназначен для создания оси вращения одной детали машины относительно другой, при этом подшипник должен выдерживать радиальную и/или осевую нагрузки. Кроме этого сама ось вращения может производить перемещение еще в пяти основных степенях свободы. Все шесть степеней свободы показаны на рисунке 2 и приведены ниже:

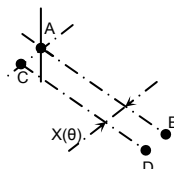
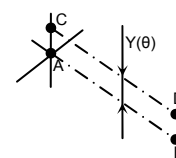
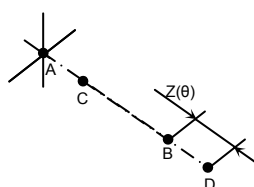
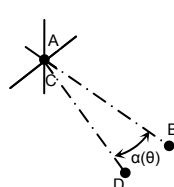
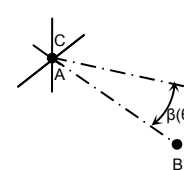
- общий случай положения оси вращения, обозначение осей, см. рисунок 2а;
- чистое вращение, см. рисунок 2б;
- радиальное смещение, т. е. смещение в одном или обоих ортогональных направлениях, проходящих через ось вращения, см. рисунки 2в и 2г;
- осевое смещение, т. е. смещение в направлении параллельном оси вращения, см. рисунок 2д;
- угловое смещение, т. е. угловое смещение в одной или в двух ортогональных плоскостях, проходящих через ось вращения, см. рисунки 2е и 2ж.



2а – Общий случай положения оси вращения, обозначение осей



2б – Чистое вращение

2в – Радиальное смещение
в направлении оси X2г – Радиальное смещение
в направлении оси Y2д – Осевое смещение в
направлении оси Z2е – Угловое смещение в
направлении оси X2ж – Угловое смещение в
направлении оси Y

AB = Z – базовая ось
CD – ось вращения
 θ – угол поворота

Рисунок 2 – Схематическое изображение степеней свободы при вращении

4.2.2 Вращающийся подшипник качения в идеале не должен сопротивляться внешним усилиям, прилагаемым в направлении вращения, т.е. иметь нулевой момент трения. В зависимости от типа нагружения извне, которое по расчётам должен выдерживать подшипник, этот подшипник будет проявлять жёсткость в нескольких или во всех пяти оставшихся степенях свободы. Например, самоустанавливающийся подшипник может выдерживать радиальную и осевую нагрузки, но не будет проявлять жёсткость в двух угловых направлениях. Другие подшипники могут быть предназначены для свободного осевого перемещения, проявляя при этом жёсткость в радиальном и угловых направлениях.

4.3 Погрешность вращения подшипника

Смещение оси вращения вращающегося подшипника в любой из возможных пяти невращательных степенях свободы, в которых подшипник предназначен выдерживать нагрузку, называется погрешностью вращения. Это понятие включает в себя любые смещения, связанные с вращением подшипника, за исключением перемещений, вызванных тепловыми деформациями или изменениями нагрузки прикладываемой извне. Погрешность вращения представлена в терминах смещения и характеризуется отклонением от идеальной оси вращения. Во вращающемся подшипнике качения погрешность вращения является следствием дискретности его структуры и геометрических дефектов различных внутренних поверхностей подшипника, которые испытывают относительное перемещение при его вращении. Эти геометрические дефекты могут быть характеристиками, (как, например, погрешность формы

ГОСТ Р

обработанной поверхности), присущими деталям подшипника, или могут быть результатом деформации деталей подшипника во время сборки или установки.

4.4 Вибрация подшипника

Факторы, вызывающие погрешность вращения подшипника, будут также вызывать динамическую вибрацию элементов подшипника. Вибрация подшипника вызывается внутренними переменными силами, генерируемыми при вращении в контактах тел качения с дорожками качения с учётом инерции и демпфирования. Внутренние силы будут также создаваться переменными во времени деформациями деталей подшипника и несколькими типами случайных перемещений тел качения и сепараторов и периодическими смещениями сепараторов относительно тел качения или колец. Вибрация будет обусловлена не только формами колебаний элементов подшипника, как твердых тел, но и изгибными формами колебаний. Вибрация создаётся при определённых условиях, таких как скорость вращения и прилагаемая нагрузка. Вибрация подшипника может влиять на работу механической системы и вызывать образование воздушного шума системы, в которую вмонтирован этот подшипник.

5 Процесс измерения

5.1 Основные принципы измерения

Структурную вибрацию вращающегося подшипника качения, применительно к назначениям настоящего стандарта, оценивают при размещении преобразователя (например, преобразователя виброперемещения, виброскорости или виброускорения) в определённой точке на одном из колец подшипника, или на механической части измерительного стенда, который механически соединён с одним из колец подшипника. Линию действия преобразователя определяют по отношению к осям подшипника (например, в осевом или радиальном направлении). Подшипник вращают с фиксированной скоростью при указанных условиях нагружения, и в течение заданного периода времени снимают сигнал преобразователя. Накопленные таким образом данные анализируют для нахождения одного или более параметров, которые используют для характеристики вибрации. По этим данным можно судить о качестве изготовления подшипника и о его состоянии. Поскольку эти наблюдения выдают данные вибрации подшипника при выбранных условиях измерений, по этим результатам можно лишь частично делать выводы касающиеся вибрации и шума при других условиях эксплуатации. Процесс измерения может быть представлен схематически, как показано на рисунке 1. Соответствующие пункты этой части стандарта дают подробное описание каждого отдельно взятого этапа процесса измерения.

5.2 Скорость вращения

5.2.1 Измерение вибрации подшипников должно происходить в динамике, при неподвижном наружном кольце или при постепенном его вращении, и при вращении внутреннего кольца с постоянной скоростью, зависящей от размера и конструкции подшипника (см. соответствующие части стандарта, рассматривающие конкретные типы подшипников).

5.2.2 Во время проведения измерений действительная скорость вращения не должна превышать номинальную скорость более чем на 1 % и не должна быть ниже её более чем на 2 %.

5.3 Ориентация оси вращения подшипника

Измерение вибрации подшипников можно производить при вертикальной или горизонтальной оси вращения. При горизонтальной оси вращения следует иметь в виду изменение ориентации силы тяжести относительно вращающихся тел качения. Это может привести к дополнительной вибрации, если наведённые контактные усилия на тела качения не окажутся значительно выше их собственного веса.

5.4 Нагрузка на подшипник

Для достижения определённых кинематических условий во время измерения вибрации, подшипники должны быть нагружены. Прилагаемые нагрузки должны быть достаточно высокими, чтобы предотвратить проскальзывание тел качения относительно дорожек качения внутреннего и наружного колец, но и не вызывать деформацию, которая может повлиять на результаты.

5.5 Вибропреобразователи

5.5.1 Измеряемой величиной является радиальная или осевая составляющая вибрации наружного кольца подшипника. Вибропреобразователь преобразует механические колебания в электрический сигнал. Следует рассмотреть три основных типа вибропреобразователей, выдающих сигналы, номинально пропорциональные виброперемещению, виброскорости или виброускорению.

5.5.2 Существует различие между бесконтактными системами, в частности применяемыми для измерения виброперемещения, и вибропреобразователями, для которых необходим контакт с вибрирующим наружным кольцом подшипника. При применении вибропреобразователей контактного типа необходимо проявлять осторожность в том, чтобы он не оказывал влияние на наружное кольцо подшипника. С другой стороны, контакт должен быть достаточно жестким, чтобы отслеживать вибрацию в соответствующем диапазоне частот. Для достижения этого подвижные массы вибропреобразователя должны быть как можно меньше. Если вибрации передаются через наконечник преобразователя, касающийся наружного кольца подшипника, то следует принять во внимание присутствие контактного резонанса. Рассмотрение контактного резонанса приведено в приложении А.

5.5.3 Вибрация наружного кольца является сложной суперпозицией смещений различных амплитуд при различных частотах. Хотя отдельные высокие амплитуды могут иметь место даже при высоких частотах (особенно для повреждённых подшипников), но в основном, амплитуды уменьшаются с увеличением частоты и снижаются до нанометровой величины при нескольких килогерцах. Системам измеряющим виброперемещение необходимо иметь очень широкий динамический диапазон, что усложняет выдачу надёжных результатов в диапазоне высоких частот. У вибропреобразователей ускорения, которые тоже должны иметь широкий динамический диапазон, этот диапазон достаточно легко достижим. Недостатком вибропреобразователей ускорения является сравнительно большая подвижная масса. Хорошим решением является вибропреобразователь скорости, измеряющий относительно неподвижных координат. Он может иметь меньший динамический диапазон по сравнению с вибропреобразователями виброперемещения и виброускорения, и он имеет малую подвижную массу. В случае необходимости первичный сигнал должен быть преобразован электронным способом для получения сигнала пропорционального другому параметру вибрации. *Соотношения динамических диапазонов для вибропреобразователей виброперемещения, виброскорости и виброускорения приведены в приложении В.*

6 Методы измерения и оценки

6.1 Измеряемые параметры вибрации

6.1.1 Измеряемым параметром вибрации, по умолчанию, является среднее квадратическое значение виброскорости, \bar{v} (мкм/с).

6.1.2 Измеряемыми параметрами вибрации могут быть логарифмический уровень среднего квадратического значения виброскорости (L_v , дБ) или логарифмический уровень среднего квадратического значения виброускорения (L_a , дБ), что должно быть точно обозначено. Для определения логарифмических уровней за исходные значения в соответствии с ГОСТ 30296 принимают:

$a_0 = 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ – для виброускорения;

$v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ – для виброскорости.

Примечание – В существующих виброметрах разрешается применять исходное значение виброускорения $a_0 = 3 \times 10^{-4} \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$.

6.2 Частотная область

6.2.1 Параметры вибрации измеряют в одной или более полосах частот внутри диапазона от 20 до 10000 Гц. Для различных типов подшипников устанавливают конкретные частотные диапазоны.

Примечание – Например, при измерении вибрации шариковых радиальных и радиально-упорных подшипников определённого размерного диапазона для полос низких, средних и высоких частот устанавливают следующие пределы: от 50 Гц до 300 Гц, от 300 Гц до 1800 Гц и от 1800 до 10000 Гц, – соответственно.

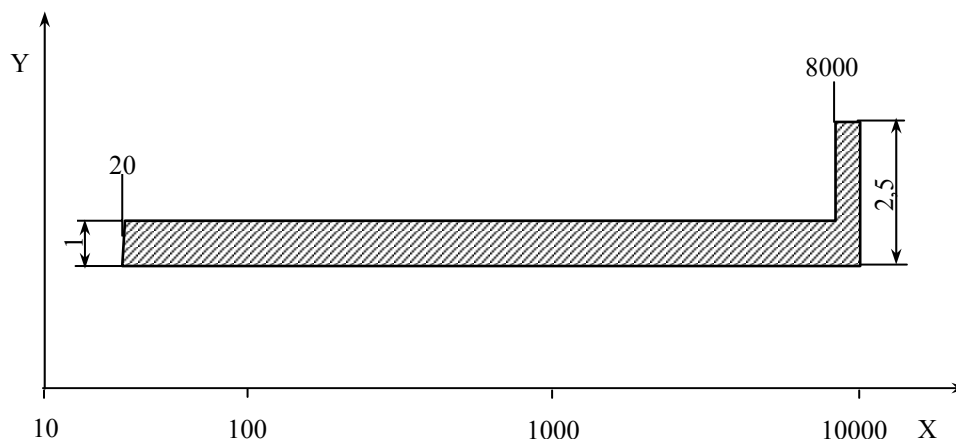
6.2.2 Как альтернативный или дополнительный вариант применяют октавный, третьоктавный или спектральный анализ вибрации в указанном частотном диапазоне, или его части. Среднегеометрические частоты октавных и третьоктавных фильтров выбирают в соответствии с ГОСТ 12090.

6.3 Временная область

Измерение параметров импульсов (всплесков) в сигнале виброскорости во временной области, появляющихся вследствие дефектов поверхности и/или загрязнения измеряемого подшипника, может рассматриваться как дополнительный вариант оценки вибрации. Существуют различные методы оценки импульсов в зависимости от типа и способа применения подшипника.

6.4 Характеристики вибропреобразователя и фильтров

6.4.1 Амплитудно-частотная характеристика электромеханического преобразователя должна быть в пределах определенных на рисунке 3. Требования к амплитудно-частотной характеристике преобразователя, представленные на рисунке 3, должны включать корректировку выходного сигнала предусилителем.



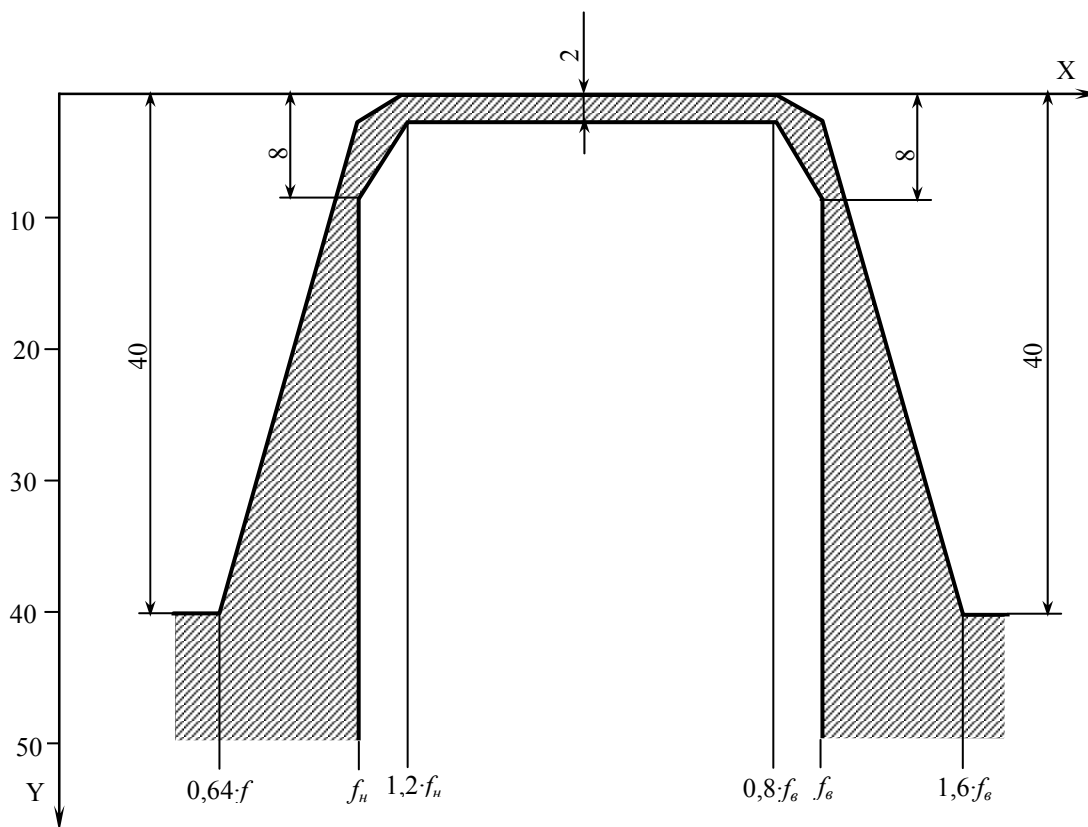
X – частота, Гц;
Y – выходной сигнал/виброскорость, дБ

Рисунок 3 – Поле допуска АЧХ вибропреобразователя

6.4.2 Линейность амплитудной характеристики: максимальное отклонение от линейности должно быть меньше 10 % для амплитуд вибрации в диапазоне виброскорости от 10 до 10000 мкм/с СКЗ.

6.4.3 Чувствительность преобразователя, согласованная с электронным блоком, должна быть в пределах $\pm 5\%$. Чувствительность должна быть в этих пределах для всего рабочего диапазона статического осевого смещения вибропреобразователя, указанного в технических условиях. В случае различия чувствительности между отдельными преобразователями, необходимо предусмотреть соответствующую компенсацию в электронном блоке.

6.4.4 Характеристики фильтра электронного блока должны располагаться в пределах указанных на рисунке 4 (заштрихованная область). Затухание полосы пропускания на всех частотах ниже 64 % нижней граничной частоты (f_n) и на всех частотах выше 160 % верхней граничной частоты (f_b) должно составлять не менее 40 дБ.



X – частота, Hz;
 Y – затухание, dB;
 f_n – номинальная нижняя граничная частота;
 f_v – номинальная верхняя граничная частота.

Рисунок 4 – Поле допуска АЧХ полосовых фильтров

6.5 Метод усреднения по времени

6.5.1 Измерение сигнала виброскорости в каждой полосе частот должно быть представлено усреднённым по времени показанием за период не менее 0,5 секунды с момента стабилизации параметров вибрации, характеризующейся только отдельными случайными отклонениями от среднего значения. Выбор конкретного способа усреднения по времени должен достигаться путём договорённости между изготовителем и потребителем. Двумя типичными способами являются линейное и экспоненциальное усреднение.

6.5.2 Линейное усреднение по времени производят по формуле

$$\bar{v}_{\text{лин}}(t) = \sqrt{(1/T) \cdot \int_{(t-T)}^t v^2(t') \cdot dt'} , \quad (1)$$

где $v(t')$ – виброскорость, как функция времени;

T – время выборки усредняемого сигнала, которое должно быть больше периода любой из главных частотных составляющих этого сигнала.

Обычно $\bar{v}_{\text{лин}}(t)$ берется за время $t = T$.

6.5.3 Экспоненциальное усреднение по времени производят по формуле

$$\check{v}_{\text{эксн}}(t) = \sqrt{(1/\tau) \cdot \int_{(t-T)}^t v^2(t') \cdot e^{-(t-t')/\tau} \cdot dt'}, \quad (2)$$

где $v(t')$ – виброскорость, как функция времени;

τ – время релаксации, которое должно быть больше периода любой из главных частотных составляющих сигнала.

Следует $\check{v}_{\text{эксн}}(t)$ брать за время $t \gg \tau$.

6.5.4 Стабилизация показаний должна быть достигнута в течение не более пяти минут от начала измерений. В случаях, когда невозможно достичь стабилизации в течение пяти минут, изготовитель и потребитель должны принять согласованное решение о продолжительности измерений.

6.6 Последовательность проведения измерений

6.6.1 Измерения должны проводиться в требуемом числе положений подшипника. Подробная информация для конкретных типов подшипников приведена в других частях стандарта.

6.6.2 При приёмке подшипника наибольшее значение, из полученных при разных положениях, должно находиться в установленных или взаимно одобренных изготовителем и потребителем пределах для каждого оцениваемого параметра вибрации.

7 Условия измерений

7.1 Требования к измеряемому подшипнику

7.1.1 Подшипники с заложенной смазкой

7.1.1.1 Подшипники с заложенной (пластической, жидкой или твёрдой) смазкой, включая типы подшипников с защитными шайбами и уплотнениями, измеряют в состоянии поставки.

7.1.1.2 Нижеприведённые процедуры (7.1.2 и 7.1.3) не применяют к подшипникам с заложенной смазкой.

7.1.2 Чистота подшипника

7.1.2.1 Поскольку загрязнение влияет на вибрацию подшипника, подшипники должны быть полностью очищены, с применением мер предосторожности, так чтобы не внести загрязнение или каким-либо другим способом не создать дополнительных источников вибрации.

Примечание – Некоторые защитные покрытия могут соответствовать требованиям смазочного материала при проведении измерений вибрации (см. 7.1.3). В таком случае нет необходимости удалять эти покрытия.

7.1.3 Смазывание подшипника

7.1.3.1 Перед измерением подшипник необходимо смазать, используя указанное количество масла, без присадок, с низкой вязкостью в зависимости от типа и размера подшипника. Дополнительная информация приведена в последующих частях стандарта.

ГОСТ Р

7.1.3.2 Процедура смазывания должна включать обкатку (приработку) в целях достижения равномерного распределения смазочного материала в подшипнике.

7.2 Условия окружающей среды при измерении

Подшипники должны измеряться в окружающей среде, не оказывающей влияние на вибрацию подшипника, при следующих условиях:

температура окружающего воздуха.....от 17 °С до 27 °С;
относительная влажность.....от 45 % до 70 %;
атмосферное давление.....от 84 до 106 кПа.

Примечание – Данное положение заменяет ссылку на международные стандарты ИСО.

7.3 Требования к устройству измерения

7.3.1 Жёсткость узла шпинделя с оправкой

7.3.1.1 Шпиндель с оправкой, применяемый для крепления и приведения во вращение внутреннего кольца подшипника, следует проектировать и конструировать так, чтобы кроме передачи вращательного движения, он представлял бы, по существу, жёсткую базовую систему для оси внутреннего кольца.

7.3.1.2 Передача вибрации между узлом шпинделя с оправкой и внутренним кольцом подшипника в применяемом диапазоне частот должна быть незначительной по сравнению с вибрацией подшипника (в случае разногласий, точные величины должны согласовываться между изготовителем и потребителем).

7.3.2 Механизм нагружения

7.3.2.1 Систему нагружения, применяемую для приложения нагрузок к наружному кольцу подшипника, следует, в идеале, проектировать и конструировать таким образом, чтобы дать возможность кольцу, по существу, свободно вибрировать во всех возможных модах колебаний: радиальных, угловых, изгибных или осевых – в зависимости от типа подшипника.

7.3.3 Величина и направление внешней нагрузки, прилагаемой к подшипнику

7.3.3.1 В зависимости от типов подшипники измеряют под осевой, радиальной или комбинированной нагрузкой. Величину нагрузок устанавливают в зависимости от основных размеров подшипника. Подробная информация для конкретных типов подшипников приведена в других частях стандарта.

7.3.4 Точка и направление измерения

7.3.4.1 Точка измерения располагается на наружном кольце подшипника. Направление измерения должно быть осевым или радиальным, в зависимости от типов подшипников. Подробная информация для конкретных типов подшипников приведена в других частях стандарта.

7.3.5 Оправка

7.3.5.1 Цилиндрическая поверхность оправки, на которой монтируют внутреннее кольцо подшипника, должна иметь наружный диаметр с полем допуска f5, в соответствии

с ГОСТ 25347, и минимальные геометрические погрешности. Это обеспечит скользящую посадку в отверстия подшипника.

7.4 Требования к оператору

Квалифицированный оператор должен гарантировать проведение измерения вибрации в соответствии с настоящим стандартом, а также в соответствии с другой частью этого стандарта, касающейся конкретного типа подшипника.

8 Калибровка и точность измерительной системы

8.1 Общие сведения

Чтобы гарантировать своевременность калибровки измерительной системы перед проведением измерений, следует проводить документированную процедуру калибровки.

8.2 Калибровка компонентов системы

8.2.1 Основными элементами системы измерения вибрации подшипника требующими калибровки являются:

- привод для вращения подшипника;
- узел нагружения для приложения нагрузки к подшипнику;
- преобразователь для преобразования вибрации подшипника в электрический сигнал;
- электронный блок (усилитель, фильтр, показывающее устройство и т.д.) для обработки сигнала.

8.2.1 Каждая часть измерительной системы должна поддерживаться в исходном рабочем состоянии её рабочих характеристик и должна быть отрегулирована под обусловленные требования. Поверка и калибровка должны выполняться в соответствии с требованиями нормативных документов Государственной системы обеспечения единства измерений. Для каждой из частей измерительной системы существуют следующие основные элементы калибровки и подтверждения требуемых рабочих характеристик:

- а) приводной узел:
 - 1) скорость вращения шпинделя;
 - 2) погрешность вращения и собственная вибрация шпинделя;
 - 3) состояние оправки шпинделя, на которой смонтирован подшипник (повреждение, коррозия, деформация, изменение размера, и т.д.);
- б) узел нагружения:
 - 1) величина нагрузки;
 - 2) выверка направления нагружения;
 - 3) положение точки приложения нагрузки;
- с) преобразователь:
 - 1) чувствительность и линейность амплитудной характеристики;
 - 2) амплитудно-частотная характеристика;
 - 3) ориентация и расположение;
- д) электронный узел (усилитель, фильтр и показывающее устройство):
 - 1) усиление и линейность;
 - 2) частотные характеристики;
 - 3) точность показания измерительного прибора или цифрового дисплея.

8.3 Точность измерительной системы

8.3.1 Если проводятся измерения подшипника одним и тем же методом, при одной и той же позиции подшипника, при том же положении наружного кольца и при использовании одного и того же измерительного оборудования в пределах короткого промежутка времени, то предел повторяемости результатов измерения должен быть не более 20 % среднего значения измеряемых величин (или не больше 2 дБ при измерении уровней вибрации).

Примечание – Погрешности в системе измерения не включают отклонения, относящиеся к измеряемому подшипнику.

8.3.2 Для оценки правильности измерений, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-6, в качестве принятого опорного значения используют результаты измерений вибрации образцовых партий подшипников полученные на образцовой приводной установке в референтной лаборатории. В качестве референтной лаборатории назначают хорошо оборудованную лабораторию, имеющую квалифицированных операторов, которые строго безукоризненно и тщательно соблюдают стандартный метод измерения.

8.3.3 Расширенная неопределенность при измерении в абсолютных единицах виброскорости и виброускорения должна составлять не более 20 %, а при измерении в децибелах не более 1,6 дБ с доверительной вероятностью (уровнем доверия) 0,95.

Приложение А (справочное)

Рассмотрение контактного резонанса

А.1 Сила прижима

Если подвижная часть вибропреобразователя прижата к поверхности наружного кольца, то сила прижима должна быть выше $m \cdot a$ (где m является подвижной массой, а a является пиковым значением ускорения) для предотвращения потери контакта с наружным кольцом подшипника.

А.2 Контактный резонанс

Контактный резонанс является следствием того, что контакт наконечника вибропреобразователя с поверхностью действует как пружина, вследствие упругости материала из которого изготовлены контактирующие элементы. В случае, если наконечник заканчивается шариком, ситуация ещё сложнее, поскольку контакт действует как пружина с переменной жёсткостью, увеличивающейся с увеличением нагрузки. Чем больше модули упругости E_1 и E_2 , и чем больше радиус наконечника вибропреобразователя r , тем выше становится величина резонансной частоты f . В таблице А.1 ниже даны несколько примеров для полусферического наконечника вибропреобразователя ($E_1 = 600$ ГПа), в совокупности с другими подвижными массами вибропреобразователя имеющих общую массу m , которая прижата к наружной поверхности наружного кольца подшипника ($E_2 = 200$ ГПа) со статическим усилием F .

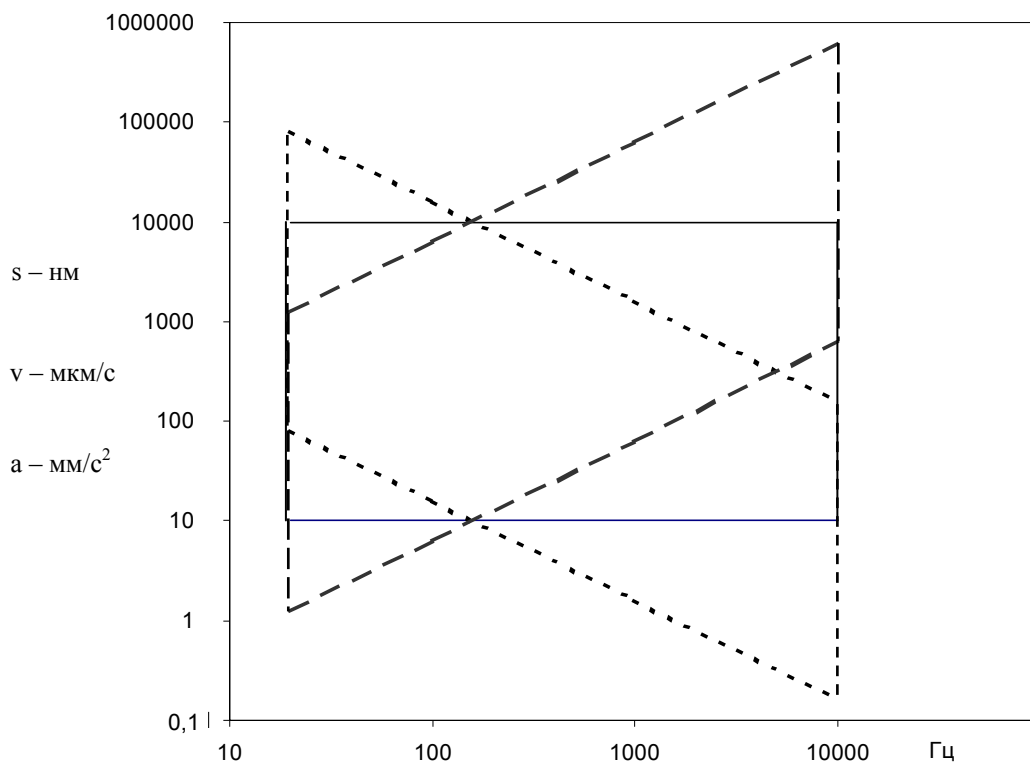
Таблица А.1 – Частота контактного резонанса

r , мм	F , Н	m , г	f , кГц
1	1	1	9,6
5	1	1	12,6
1	5	1	12,6
1	1	5	4,3


Приложение В
(справочное)

Соотношения динамических диапазонов

В.1 На рисунке В.1 представлен требуемый амплитудно-частотный диапазон виброскорости и соответствующие ему амплитудно-частотные диапазоны для виброперемещения и виброускорения.



 – диапазон виброперемещения, s ;

 – диапазон виброскорости, v ;


 – диапазон виброускорения, a .

Рисунок В.1

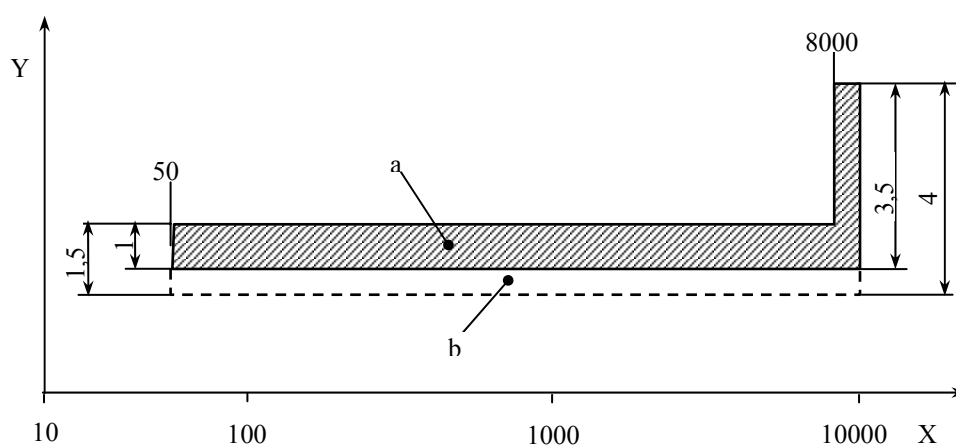
Приложение С
(справочное)

**Элементы стандарта ИСО 15242-1, которые применены в
настоящем стандарте с модификацией их содержания для учета
особенностей национальной стандартизации**

С.1 Аутентичный перевод пункта 6.2.2 (второго абзаца подраздела 6.2).

Как альтернативный вариант используют спектральный анализ сигнала вибрации.

С.2 Оригинальный вид рисунка 3.



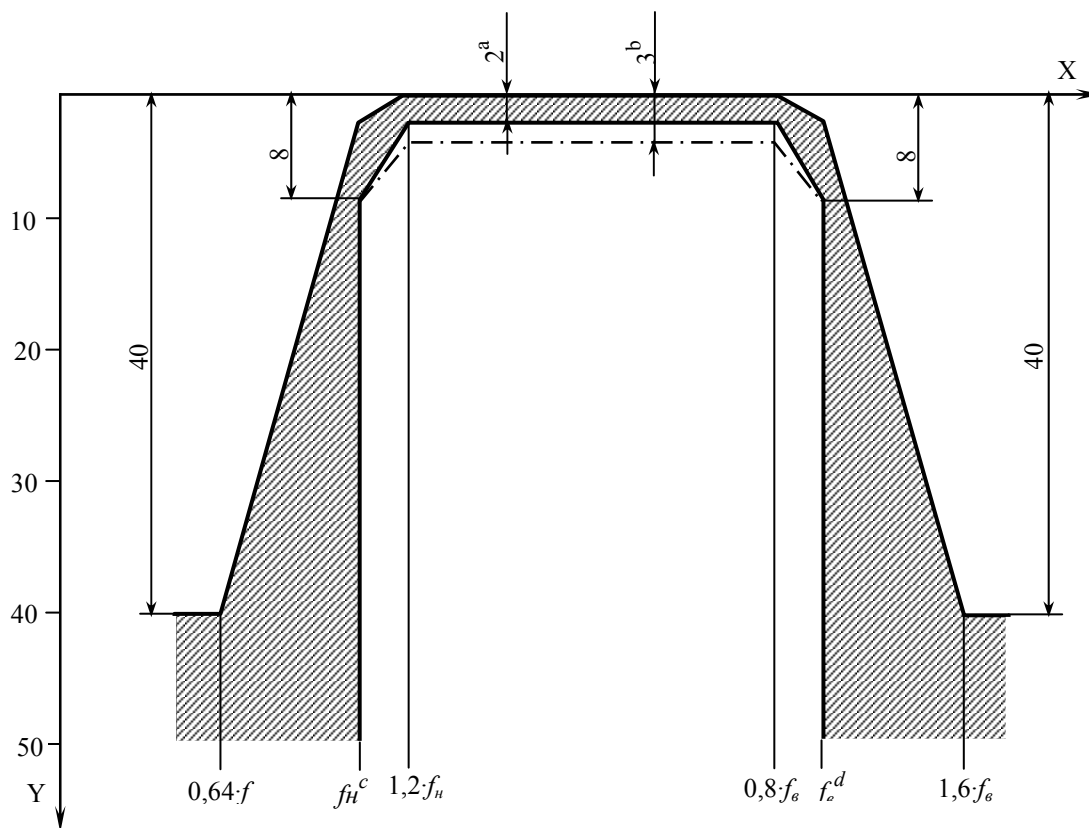
X частота, Гц

Y выходной сигнал/виброскорость, дБ

a рекомендуемое поле допуска

b максимально допустимое поле допуска (включающее a)

Рисунок 3 – Поле допуска АЧХ вибропреобразователя



X частота, Hz
Y затухание, dB

- a рекомендуемое поле допуска
b максимально допустимое поле допуска
c номинальная нижняя граничная частота
d номинальная верхняя граничная частота

Рисунок 4 – Поле допуска АЧХ полосовых фильтров

С.1 Аутентичный перевод подраздела 7.2.

Подшипники следует измерять при комнатной температуре в среде, которая не оказывает влияние на вибрацию подшипника. Дополнительные сведения приведены в ИСО 554, ИСО 558 и ИСО 3205.

УДК

ОКС 21.100.20

ОКП 46 000

Ключевые слова: подшипники качения, вибрация, методы измерений

Председатель ТК-307

личная подпись

Л. В. Черневский

инициалы, фамилия

Ответственный секретарь ТК-307

личная подпись

Э. Ф. Иванникова

инициалы, фамилия

Руководитель разработки

Главный конструктор ОАО «ВНИПП»

личная подпись

В. А. Лапенко

инициалы, фамилия

Исполнитель, ведущий конструктор

личная подпись

Е. Б. Варламов

инициалы, фамилия

**Приложение В
(справочное)**

**Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов
межгосударственным стандартам, использованным в настоящем
стандарте в качестве нормативных ссылок**

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта и условное обозначение степени его соответствия ссылочному межгосударственному стандарту
ГОСТ 16819–71	ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар – Словарь» (NEQ)
ГОСТ 24346–80	ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар – Словарь» (NEQ)
ГОСТ 24347–80	ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар – Словарь» (NEQ)
ГОСТ 24955–81	ИСО 5593:1997 «Подшипники качения – Словарь» (NEQ)
ГОСТ 25347–82	ИСО 286-2:1988 «Допуски и посадки по системе ISO. Часть 2. Таблицы классов стандартных допусков и предельных отклонений на размеры отверстий и валов» (NEQ)