МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ИСО 8579-2— 2002

Вибрация

КОНТРОЛЬ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ПРИЕМКЕ

ISO 8579-2:1993
Asseptance code for gears — Part 2: Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing
(IDT)

Издание официальное

БЗ 6—2007

Москва
Стандартинформ
2007

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Госстандартом России

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 21 от 30 мая 2002 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азгосстандарт
Армения	AM	Армгосстандарт
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Госстандарт России
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Госстандарт Украины

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 8579-2:1993 «Испытания зубчатых механизмов при приемке продукции. Часть 2. Определение вибрации зубчатых механизмов при приемке продукции» (ISO 8579-2:1993 «Acceptance code for gears — Part 2: Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing»).

Степень соответствия— идентичная (IDT).

Настоящий стандарт идентичен ГОСТ Р ИСО 8579-2—99

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 апреля 2007 г. № 83-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ИСО 8579-2—2002 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 ноября 2007 г.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта публикуется в указателе «Национальные стандарты».

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»

© Стандартинформ, 2007

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Приложение С
(рекомендуемое)

Ориентировочные классы вибрации

С.1 Назначение

В настоящем приложении приведены ориентировочные классы вибрации в зависимости от типичных условий применения для испытаний на оборудовании изготовителя при приемке зубчатых механизмов.

С.2 Общие положения

Настоящее приложение следует рассматривать как общее руководство для типичных случаев применения механизмов.

Вибрация качественно изготовленного механизма зависит от его конструкции, размеров и назначения. Вибрация, которая считается приемлемой для крупных низкоскоростных приводов, может оказаться чрезмерной для точных высокоскоростных или судовых приводов. А снижение вибрации до уровня, который считается приемлемым для точных высокоскоростных приводов, окажется для низкоскоростных необоснованно дорогостоящим. Поэтому применять данную классификацию для испытаний при приемке продукции следует с большой осторожностью.

С.3 Классификация

На рисунке С.1 указаны ориентировочные уровни вибрации для типичных случаев применения механизмов, перечисленных в таблице С.1.

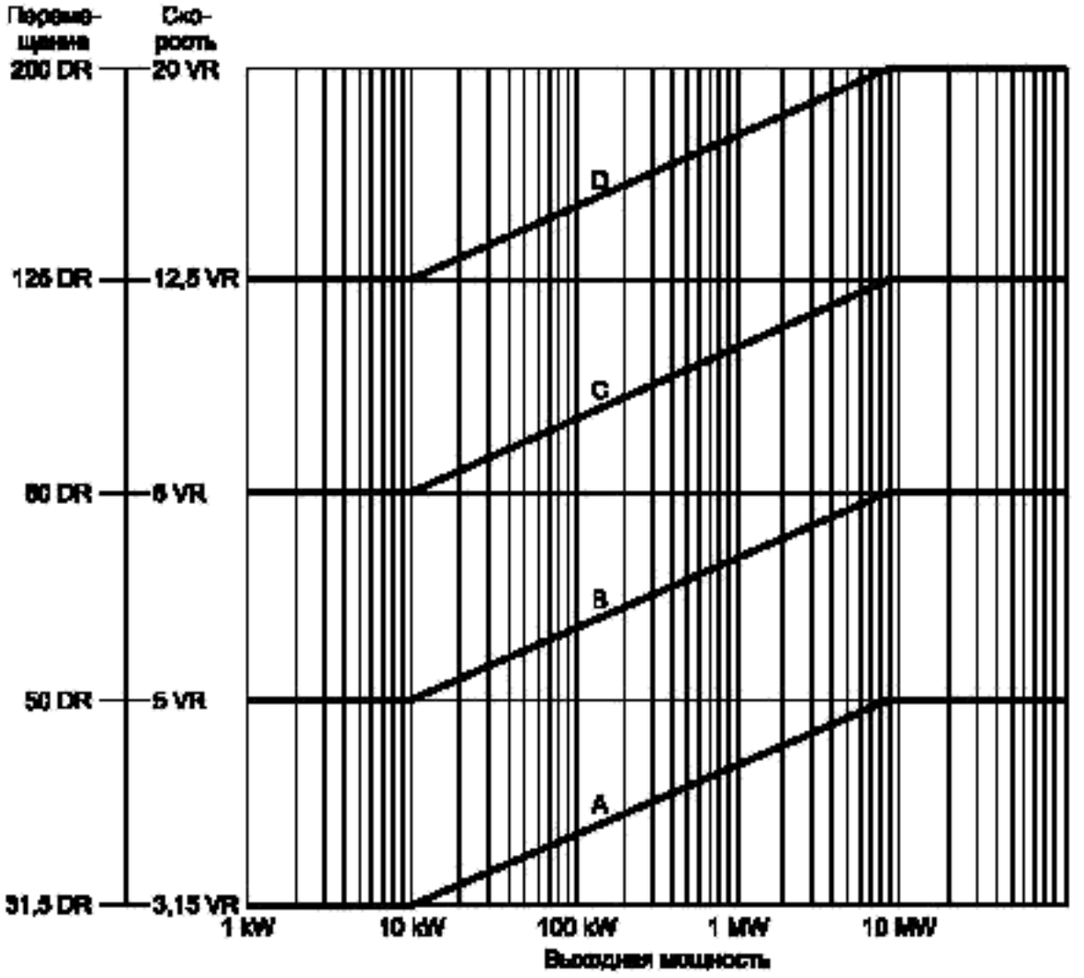

Рисунок С.1 — Ориентировочные классы вибрации

Таблица С.1

Класс вибрации	Место применения
A	Корабли военно-морского флота и т.д.
B	Высокоскоростные (свыше 3600 мин$^{-1}$) приводы и т.д.
C	Промышленные механизмы, суда торгового флота и т.д.
D	Прокатные станы и т.д.

Пример — Класс вибрации для приводов машин общего промышленного назначения или двигателей торговых судов, предназначенных для передачи мощности 3700 кВт на максимальной скорости вращения 1500 мин$^{-1}$, может быть выбран следующим образом. На рисунке С.1 точка пересечения для значения 3700 кВт (3,7 МВт) и кривой *C* лежит чуть ниже уровня классов *DR* 125 — *VR* 12,5. Поэтому для экономичного привода приемочное значение может соответствовать классам *DR* 125 или *VR* 12,5. Однако для того, чтобы иметь некоторый запас надежности, в качестве приемочных уровней следует выбирать класс *DR* 80 или *VR* 8.

ДК 621.9:534.1.08:006.354 МКС 17.160 Т34 ОКП 42 7791

Ключевые слова: вибрация, машины, машинные комплексы, вращающиеся валы, измерения, оценка, контроль, вибрационное состояние

Редактор *Т.А. Леонова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 26.10.2007. Подписано в печать 01.11.2007. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,10. Тираж 141 экз. Зак. 806.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Вибрация

КОНТРОЛЬ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ПРИЕМКЕ

Vibration. Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing

Дата введения — 2007—11—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы оценки вибрации повышающих и понижающих зубчатых передач, выполненных в виде отдельных механизмов (далее — механизм). В стандарте приведены методы определения параметров вибрации корпуса и вала механизмов, а также типы измерительной аппаратуры, методы измерений и испытаний. Такюе в стандарте приведена классификация уровней вибрации для приемки продукции.

Угловые колебания в настоящем стандарте не рассматриваются.

Настоящий стандарт применяют только при испытаниях механизмов в процессе приемки, проводимым на специальном оборудовании изготовителя в режиме скоростей, нагрузок, температурного диапазона и смазки, соответствующих конструкциям испытуемых механизмов. По согласованию между изготовителем и заказчиком испытания допускается проводить и в ином месте на другом оборудовании, если при этом будут выполнены все рекомендации изготовителя. Настоящий стандарт не предназначен для оценки вибрационного состояния механизма по результатам измерений вибрации на месте его эксплуатации.

Настоящий стандарт не распространяется на механизмы привода, например встроенные приводы компрессоров, насосов, турбин и т.д., а также механизмы устройств отбора мощности, но по согласованию с заказчиком может быть использован для их приемки.

Поскольку проведение измерений может потребовать применения специальной аппаратуры, рекомендуется, чтобы методы измерений и условия приемки были заблаговременно установлены по соглашению между изготовителем и заказчиком.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ИСО 2954—97 Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерений

ГОСТ ИСО 5348—2002 Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров

ГОСТ ИСО 7919-1—2002 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования

ГОСТ ИСО 10816-1—97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования

ГОСТ ИСО 10817-1—2002 Системы измерений вибрации вращающихся валов. Часть 1. Устройства для снятия сигналов относительной и абсолютной вибрации вращающихся валов

ГОСТ 24346—80 Вибрация. Термины и определения

Издание официальное

3 Определения

В настоящем стандарте применяют термины по ГОСТ 24346.

4 Факторы, которые необходимо учитывать при проведении измерений

4.1 Конструкция, в состав которой входит зубчатый механизм

Механизм должен быть испытан таким образом, чтобы по возможности исключить влияние на его вибрацию различных источников со стороны конструкции (см. приложение А).

4.2 Влияние на вибрацию со стороны конструкции

На уровни вибрации механизма на месте эксплуатации могут влиять факторы, перечисленные в приложении А, не контролируемые изготовителем. Поэтому на начальной стадии конструирования механизма желательно оценить вибрацию всей конструкции, в состав которой входит механизм, и ее влияние на вибрацию механизма. Ответственность за такой контроль должна быть четко определена на начальной стадии разработки механизма, и о принятом решении должны быть поставлены в известность все заинтересованные стороны.

4.3 Измерения вибрации

Вибрацию механизма измеряют двумя способами: как вибрацию корпуса или как вибрацию вала. Измерения вибрации корпуса предпочтительны для механизмов с подшипниками качения, когда зазор в подшипниках и относительные перемещения вала относительно корпуса малы.

Для механизмов с подшипниками скольжения допускается измерять вибрацию как корпуса, так и вала. Измерение вибрации вала позволяет получить информацию, которую трудно получить при измерении вибрации корпуса, но только в ограниченном диапазоне частот (обычно от 0 до 500 Гц). Преимущества измерения вибрации корпуса заключаются в расширенном динамическом диапазоне и расширенном диапазоне частот измерений, что является существенным при анализе частоты зацепления зубьев.

Для получения абсолютной вибрации вала часто применяют сочетание систем измерений вибрации вала и корпуса.

Если условия испытаний существенно отличаются от условий эксплуатации, это необходимо принимать во внимание при оценке результатов измерений вибрации.

5 Средства измерений

Общие рекомендации по выбору средств измерений приведены в приложении В.

5.1 Типы средств измерений

Вибрацию следует измерять с использованием датчиков и аппаратуры, позволяющих получить параметры виброскорости и виброперемещения с заданной точностью в заданном диапазоне частот. Общие требования к средствам измерений вибрации вала и вибрации корпуса механизма — по ГОСТ ИСО 10817-1 и ГОСТ ИСО 2954 соответственно. Датчик вибрации выбирают с учетом ограничений на метод крепления (требования к методам крепления — по ГОСТ ИСО 5348 и ГОСТ ИСО 10817-1) и воздействия внешних факторов, таких как температура, магнитные поля, чистота обработки поверхности и т.д., для которых он был откалиброван. В состав измерительной аппаратуры целесообразно включать также средства для проведения анализа в узкой полосе частот, ширина которой не превышает трети октавы.

5.1.1 Средства измерений вибрации вала

Для измерений вибрации вала рекомендуется использовать датчик бесконтактного типа. Измерительная система должна обеспечивать измерение размаха виброперемещения. Допускается применение датчиков контактного типа при условии, что скорость вращения вала менее 3000 мин$^{-1}$, частота сигнала менее 200 Гц, скорость движения поверхности вала в месте ее контакта с датчиком менее 30 м/с.

5.1.2 Средства измерений вибрации корпуса

Для измерений вибрации корпуса рекомендуется использовать датчик инерционного типа. Измерительная система должна включать в свой состав схему выделения среднеквадратичного значения, позволяющую получать измерения среднеквадратичного значения виброскорости. На частотную характеристику датчика может оказывать влияние метод его крепления, поэтому датчик следует устанавли-

вать с помощью шпильки или болтового соединения или на клей. Для легких акселерометров с рабочим диапазоном частот до 3000 Гц допускается применение крепления на магните при условии, что наивысшая частота зубчатого зацепления не превышает 1000 Гц. Не допускается проводить измерения с помощью ручного щупа.

5.2 Диапазон частот измерений

Диапазон частот средств измерений должен, по крайней мере, включать в себя полосу частот от частоты вращения вала до частоты зубчатого зацепления. Диапазон частот измерения вибрации вала — от 0 до 500 Гц. Диапазон частот измерения вибрации корпуса при использовании стационарно установленных устройств измерения ускорения — от 10 до 10000 Гц и выше.

5.3 Допустимая погрешность

Основная погрешность измерительной системы, включая датчик вибрации и считывающее устройство, не должна превышать 10 % измеряемого значения на калибровочной частоте во всем диапазоне рабочих температур.

5.4 Калибровка

Устройство считывания следует калибровать с использованием эталонного сигнала. Установочные регулировки следует проводить непосредственно перед каждой серией и проверять после каждой серии измерений вибрации механизма.

Калибровку измерительной системы в целом необходимо проводить не реже одного раза в два года.

6 Измерения вибрации

Общие требования к проведению измерений вибрации вала — по ГОСТ ИСО 7919-1, вибрации корпуса — по ГОСТ ИСО 10816-1.

6.1 Измерения вибрации вала

Для измерения виброперемещений вала относительно корпуса используют датчики бесконтактного типа, установленные как можно ближе к опорному подшипнику на жестком участке корпуса. Вибрацию вала следует измерять в трех взаимно перпендикулярных направлениях, одно из которых параллельно оси вала. Для измерений вибрации в осевом направлении достаточно одного датчика. Общее число и местоположение датчиков должны быть согласованы между изготовителем и потребителем.

Механические и электрические биения не должны превышать большего из следующих значений: 25 % допустимого перемещения на частоте вращения вала или 6 мкм. Для получения истинного уровня вибрации допускается вычитать из измеренного значения вибрации значения механического и электрического биений при условии, что такое вычитание будет проведено с учетом фазовых соотношений между биением и измеряемым параметром вибрации вала. Допустимая погрешность вычисленного значения не должна превышать установленную в 5.3.

6.2 Измерения вибрации корпуса

Вибрацию корпуса следует измерять на подшипнике или участке корпуса, жестко с ним связанном. Измерения необходимо проводить в трех взаимно перпендикулярных направлениях, два из которых лежат в плоскости, перпендикулярной к оси вращения вала, предпочтительно — в горизонтальном и вертикальном направлениях. Рекомендуется проводить измерения на всех подшипниках, доступ к которым возможен. Если такого доступа нет, можно использовать точку на корпусе, расположенную как можно ближе к данному подшипнику. Число и местоположение датчиков зависят от жесткости корпуса и числа валов и устанавливаются по соглашению между изготовителем и потребителем.

6.3 Единицы измерений

Единицы измерений параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Единица измерения
Скорость (С.к.з.)	мм/с
Перемещение (размах)	мкм
Частота	Гц

7 Испытания

7.1 Общие положения

Измерения вибрации механизмов проводят на предприятии-изготовителе. Изготовитель выбирает систему привода, которая должна использоваться во время испытаний, если иное не предусмотрено в договоре с заказчиком.

7.2 Испытательная установка

Испытуемые привод, блок передачи и нагрузка должны быть соединены таким же образом, как при эксплуатации. Если это невозможно, то, по крайней мере, расположение, масса и жесткость соединительных муфт должны быть такими же, как при эксплуатации.

7.3 Условия испытаний

7.3.1 Если между изготовителем и потребителем не согласовано иное, испытания следует проводить при условиях, указанных в 7.3.2—7.3.6.

7.3.2 Механизм следует испытывать на его рабочей скорости или, если он предназначен для эксплуатации с переменной скоростью, на средней скорости диапазона допустимых значений.

7.3.3 Направление вращения вала при испытаниях должно соответствовать назначению передачи. Если вал при эксплуатации может вращаться в двух направлениях, испытания проводят для каждого направления вращения отдельно.

7.3.4 Испытания следует проводить без нагрузки или с небольшой нагрузкой, обеспечивающей стабильную работу механизма.

7.3.5 Измерения следует проводить с использованием системы смазки с консистенцией, предусмотренной для применения при эксплуатации механизма.

7.3.6 Измерения вибрации следует проводить при работе механизма в установленном диапазоне температур.

8 Приемочные значения

Требования к виброперемещению вала и виброскорости корпуса, как показано на рисунках 1 и 2, дают общую основу для сравнения качества изготовления механизмов. В каждом конкретном случае максимальное допустимое значение параметра вибрации устанавливают в соответствии с данными рисунками на основе соглашения между изготовителем и потребителем. Решение о приемке может быть принято на основе одного критерия для вибрации всего механизма в целом или же по нескольким критериям для каждого вала или места измерения вибрации в отдельности. В приложении С приведены ориентировочные классы вибрации для типичных условий применения механизмов.

8.1 Амплитуда вибрации

Параметры вибрации изображают в виде графиков зависимости от частоты (рисунки 1 и 2). При использовании данных графиков в качестве критерия допускается наличие одновременно нескольких составляющих вибрации на разных частотах при условии, что каждая из таких составляющих находится ниже границы, определяемой соответствующей кривой. Для применения данного критерия необходимо иметь оборудование для частотного анализа вибрации. При этом сопоставление параметров вибрации с кривыми, приведенными на рисунках 1 и 2, допускается только в том случае, если данное оборудование обладает разрешением, достаточным для разделения соседних частотных составляющих (дискретных пиков).

8.1.1 Полоса частот

Необходимо иметь в виду, что ширина полосы анализа, используемая конкретным оборудованием, например треть октавы или соответствующая разрешению по частоте при осуществлении быстрого преобразования Фурье, может повлиять на результат измерений в любую сторону в зависимости от центральной частоты полосы и характера случайной вибрации в спектре частот.

8.1.2 Общая вибрация

Если частотный спектр вибрации неизвестен и по каким-либо причинам не может быть получен, для решения о приемке можно воспользоваться одним из следующих методов (или обоими):

а) результаты испытаний считают приемлемыми, если общий сигнал виброскорости корпуса, спектр которого сопоставляют с соответствующей кривой рисунка 2, не превышает максимального значения этой кривой;

б) результаты испытаний считают приемлемыми, если общий сигнал виброперемещения не превышает значения соответствующей кривой на рисунке 1 на частоте вращения вала.

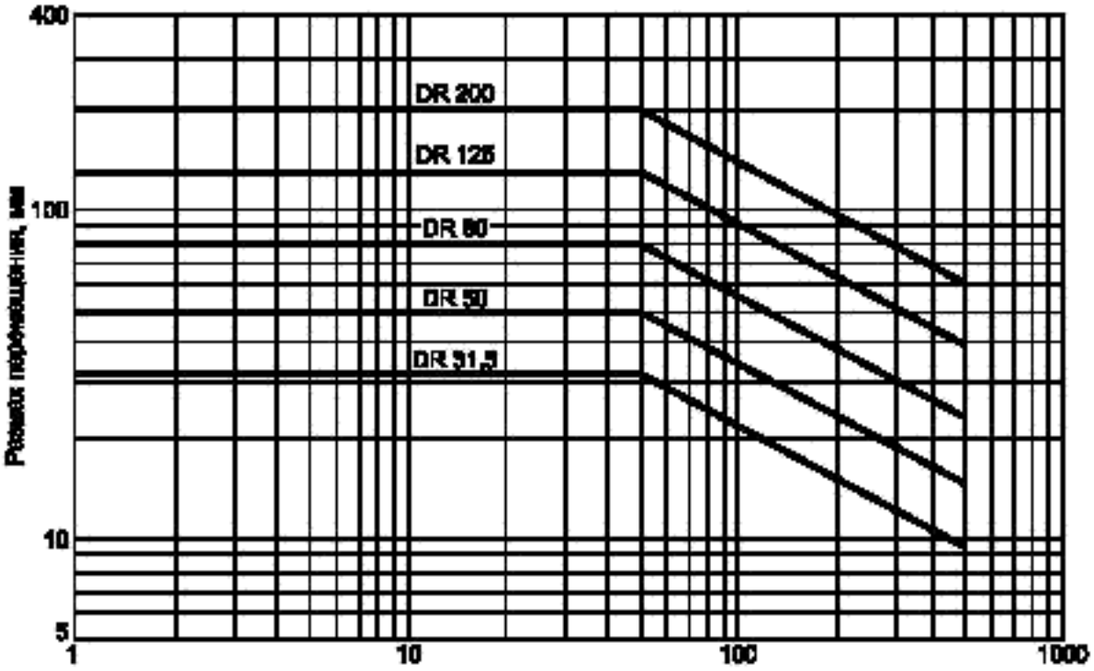

Рисунок 1 — Кривые классов вибрации для вибрации вала

Примечание — Обозначение класса (число *DR*) равно значению виброперемещения соответствующей кривой в диапазоне частот от 0 до 50 Гц. Выше 50 Гц кривая спадает со скоростью 10 дБ на декаду.

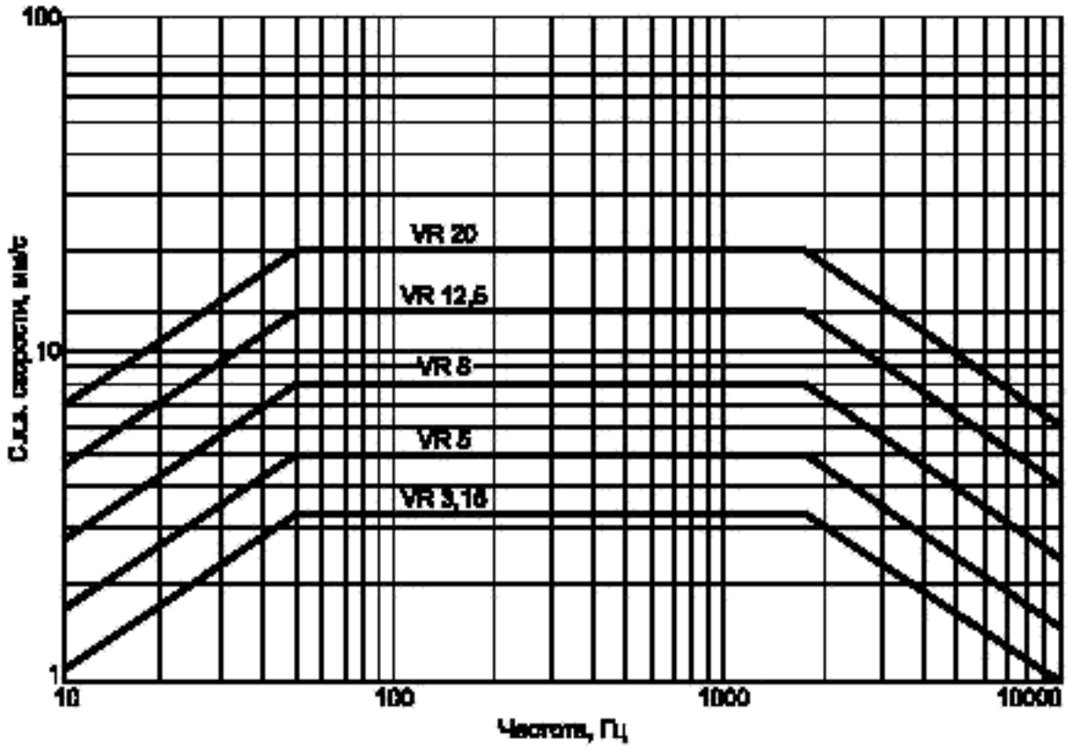

Рисунок 2 — Кривые классов вибрации для вибрации корпуса

Примечание — Обозначение класса (число *VR*) равно значению виброскорости соответствующей кривой в диапазоне частот от 45 до 1590 Гц. Ниже 45 Гц и выше 1590 Гц кривая спадает со скоростью 14 дБ на декаду.

Примечание — Сопоставление общих значений виброскорости или виброперемещения в широкой полосе частот с кривыми, приведенными на рисунках 1 и 2, вместо составляющих сигнала в узких полосах частот приводит к более жестким требованиям к вибрации механизма, если только не известно, что общий уровень вибрации определяется одной или двумя доминирующими частотными составляющими.

8.2 Оценка по измерениям виброперемещения вала

Размах виброперемещения вала может быть классифицирован в соответствии с рисунком 1. Вибрация вала будет относиться к тому классу, кривая которого лежит ниже всех кривых, превышающих значения фильтрованного сигнала перемещения в каждой точке диапазона частот измерений. Класс вибрации для механизма в целом определяют по наибольшей вибрации по всем измерениям вибрации вала.

8.3 Оценка по измерениям вибрации корпуса

Среднеквадратичное значение виброскорости корпуса может быть классифицировано в соответствии с рисунком 2. Измеренная в определенной точке вибрация корпуса будет относиться к тому классу, кривая которого лежит ниже всех кривых, превышающих огибающую спектра вибрации. Класс вибрации для механизма в целом определяют по наибольшей вибрации по всем точкам измерений.

9 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен включать информацию, указанную в 9.1—9.5.

9.1 Предприятие-изготовитель

Указывают тип и модель испытуемой зубчатой передачи.

9.2 Параметры

Указывают рабочие характеристики, условия установки и работы зубчатой передачи, включая характеристики крепления и сопряжения.

Особо отмечают любые отклонения от требований 7.2 и 7.3.

9.3 Описание установки

Описывают положение и направление осей всех точек измерений в соответствии с 6.1и 6.2 с приложением чертежа и указанием всех размеров.

9.4 Средства измерений

Приводят перечень всего используемого в процессе испытаний измерительного оборудования с указанием типа и изготовителя.

9.5 Результаты измерений

Указывают результаты измерений для каждой измерительной точки, в число которых могут входить:

а) общее значение вибрации;

б) основные частотные составляющие вибрации и их амплитуды;

в) составляющие спектра вибрации в узких полосах частот.

Флуктуирующие показания считывающего устройства должны быть усреднены.

Приложение А
(справочное)

Влияние сторонних источников вибрации

А.1 Назначение

Измеряемая вибрация механизма включает в себя не только вибрацию самого механизма, но также и составляющие от других источников системы, в состав которой входит данный механизм. Измеренное значение зависит от того, насколько сильно усиливается или ослабляется вибрация от сторонних источников на пути своего распространения к точке измерения. В настоящем приложении указаны несколько источников вибрации, которые следует принимать во внимание при оценке вибрационного состояния механизма.

А.2 Типичные факторы, определяющие вибрацию системы

Помимо того, что эти факторы влияют на результат измерений вибрации при приемке механизма, они могут также влиять на работу механизма в период его эксплуатации. Изготовитель механизма не несет ответственность за какие-либо нежелательные последствия воздействий этих факторов в процессе эксплуатации механизма, если это не было предусмотрено на начальной стадии проектирования.

А.2.1 Источники вибрации, связанные с первичным двигателем

а) Источники, действующие в процессе разгона двигателя внутреннего сгорания.

б) Источники, действующие в процессе разгона гидравлического двигателя.

А.2.2 Характеристики нагрузки

а) Изменение нагрузки с изменением скорости (вентиляторы, мешалки и т.д.).

б) Пульсирующая нагрузка (пропеллеры, компрессоры и насосы возвратно-поступательного действия и т.д.).

в) Случайные ударные нагрузки (рудодробилки и т.д.).

А.2.3 Особенности сборки

а) Несоосность в соединениях элементов системы.

б) Неуравновешенность сборки в целом, а также ее частей и отдельных элементов.

А.2.4 Характеристики, связанные с угловыми колебаниями

а) Жесткость соединений.

б) Жесткость при кручении.

в) Момент инерции вращающихся элементов.

г) Демпфирование в соединениях.

А.2.5 Характеристики, связанные с поступательным движением

а) Подвижность основания.

б) Способы крепления.

в) Гибкость элементов.

г) Масса элементов.

А.2.6 Нагрузка и скорость

а) Направление вращения.

б) Скорость вращения.

в) Значение нагрузки.

А.3 Влияние сторонних источников на месте эксплуатации

Факторы, перечисленные в А.2, могут оказать влияние на работу зубчатой передачи на месте эксплуатации. Обычно влияние указанных факторов не может контролироваться изготовителем. Поэтому изготовитель не несет ответственности за любые нежелательные последствия влияния сторонних факторов в период эксплуатации механизма.

Возможное влияние сторонних источников должно быть исследовано на начальной стадии проектирования системы передачи. При этом важно, чтобы ответственность за проведение исследования была ясно определена и изготовители всех элементов конструкции были в курсе принятого решения о распределении ответственности.

Приложение В
(справочное)

Средства измерений вибрации и их характеристики

В.1 Назначение

В настоящем приложении перечислены средства измерений вибрации и те характеристики средств измерений, которые должны приниматься во внимание при проведении измерений вибрации зубчатых механизмов.

В.2 Средства измерений вибрации корпуса и вала

Системы измерений вибрации как корпуса, так и вала позволяют получить информацию, адекватно описывающую состояние механизма. В некоторых случаях при проведении испытаний целесообразно использовать датчики как абсолютного, так и относительного виброперемещения.

Хотя эти два вида вибрационных измерений связаны между собой, данные, получаемые с их помощью, различны и требуют правильной интерпретации.

В.3 Измерения абсолютной вибрации корпуса

Измерения вибрации на корпусе подшипника (или колебаний жесткой поверхности механизма вблизи от подшипника) позволяют оценить степень виброактивности механизма в точке измерения в заданном режиме проведения испытаний. Поскольку в данном случае рассматривается абсолютная вибрация, используемая при испытаниях опора должна по своим характеристикам быть аналогична той, что будет использована при эксплуатации механизма. Резонансы конструкции опоры, используемой при испытаниях, должны отсутствовать, по крайней мере, в диапазоне скоростей, на которых проводят испытания. Измеренные параметры вибрации зависят от свойств соединений между вращающимися частями механизма и корпусами подшипников. Для подшипников качения соединение может быть очень жестким. Для подшипников скольжения значительная часть колебаний вала при передаче на корпус подшипника может быть в большей или меньшей степени ослаблена масляной пленкой. Поскольку на свойства масляной пленки влияют скорость вращения, момент нагрузки и состав смазки, все эти факторы должны приниматься во внимание при оценке степени виброактивности корпуса подшипника. В частности, составляющие колебаний вала на оборотной и удвоенной оборотной частоте (обычно вследствие дисбаланса и несоосности) при низком моменте нагрузки могут слабо предаваться на корпус подшипников, но при высоких нагрузках уровень этой вибрации может возрастать. Высокочастотные колебания на частоте зацепления зубьев также могут вносить существенный вклад и даже доминировать в вибрации корпуса.

Для измерений вибрации корпуса используют датчики скорости или ускорения. Диапазон линейности для датчика скорости зависит от его типа, но обычно находится в пределах 10—2500 Гц, т.е. при высокой скорости вращения вала может не включать частоту зацепления зубьев. В этом случае предпочтительнее применение акселерометра, диапазон рабочих частот которого до 10 кГц и выше. При применении акселерометра необходимы электронные устройства согласования сигнала. Если сигнал с акселерометра подвергается интегрированию для преобразования его в сигнал скорости, особое внимание должно быть удалено ограничению влияния низкочастотных шумов. Кроме того, следует убедиться, что метод крепления датчика позволяет проводить измерения в заданном диапазоне частот.

В.4 Измерения перемещения вала

Измерения колебаний вала проводят с помощью датчиков контактного или бесконтактного типа. Датчик—зонд, непосредственно соприкасающийся с поверхностью вала, может вызывать износ в месте контакта зонда и вала. Такой датчик чувствителен к нестационарным процессам в масляной пленке и имеет очень ограниченный частотный диапазон (до 200 Гц). Датчики контактного типа следует использовать только для валов со скоростью вращения менее 3000 мин$^{-1}$ и при скорости перемещения поверхности вала относительно конца зонда менее 30 м/с.

Принципы действия датчиков бесконтактного типа могут быть различными. Обычно используют емкостные, индуктивные и вихретоковые датчики. При измерениях вибрации зубчатых механизмов чаще используют вихретоковые датчики вследствие их малых размеров в сравнении с диапазоном измерений и их относительно низкой чувствительности к изменениям рабочих условий.

Обычно датчики бесконтактного типа применяют для измерения относительного движения между валом и корпусом подшипника. Если установить два датчика под углом 90° друг к другу в установленной плоскости измерений, то можно наблюдать прецессию вала в виде траектории на экране осциллографа. Датчики бесконтактного типа (особенно вихретоковые) могут быть использованы для определения положения вала внутри подшипника во всем диапазоне рабочих условий.

Хотя частотная характеристика вихретоковых датчиков весьма протяженна (обычно от 0 до 10000 Гц), как правило, на частотах выше 500 Гц сигнал, производимый колебаниями вала, незначителен. Поэтому датчики бесконтактного типа не подходят для оценки вибрации зубцового зацепления.

Датчики бесконтактного типа применяют при оценке влияния на вибрацию дисбаланса и тех дефектов механизма, которые проявляются на низких частотах, например биения шестерни и отклонения от круглости в форме детали. Посредством данной измерительной системы могут быть идентифицированы силы и моменты, действующие в зацеплении, а также вызванные несоосностью деталей, связанные с дефектами подшипников и нестабильностью движения вала.

Необходимо, чтобы установка датчика бесконтактного типа исключала какие-либо значительные перемещения датчика относительно подшипника или корпуса механизма по сравнению с характерными геометрическими размерами на месте его установки. Желательно, чтобы датчик был закреплен с помощью жесткой конструкции, встроенной в корпус машины, которая обеспечивала бы доступ к датчику для проведения процедуры калибровки или замены без съема крышки механизма.

Необходимо также, чтобы поверхность вала, колебания которого воспринимаются датчиком бесконтактного типа, была концентрично расположена внутри подшипника и не имела, насколько это возможно, механических или электрических биений. Хотя паразитные сигналы вибрации и могут быть устранены электронной системой компенсации биений, все же для значений размаха перемещения ниже 10 мкм трудно обеспечить надежные измерения вибрации с необходимой точностью.