
**Вибрация — Оценка состояния машин по
результатам измерений вибрации на
невращающихся частях —**

Часть 2:

**Крупные стационарные паровые турбины и
генераторы мощностью свыше 50 МВт и
номинальной скоростью 1500, 1800, 3000
или 3600 об/мин**

*Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by
measurements on non-rotating parts —*

*Part 2: Land-based steam turbines and generators in excess of
50 MW with normal operating speeds of 1500 r/min, 1800 r/min,
3000 r/min and 3600 r/min*



Содержание

Предисловие.....	III
Введение.....	IV
1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Измерения вибрации.....	2
4 Оценка вибрационного состояния	3
4.1 Общие положения.....	3
4.2 Критерий 1: Абсолютные значения параметра вибрации.....	3
4.3 Критерий 2: Изменения значений вибрации.....	8
4.4 Дополнительные процедуры/критерии	8
4.5 Оценка вибрационного состояния на основе векторной информации.....	8
Приложение А (обязательное) Границы зон состояния	9
Приложение В (информационное) Пример установки уровней ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ.....	10
Библиография	11

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ИСО) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ИСО). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ИСО. 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 связь с ИСО, также принимают участие в работе. ИСО работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (МЭК) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с требованиями Директив ИСО/МЭК, Часть 3.

Проекты международных стандартов, принятые 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 части настоящего документа могут являться предметом патентного права. ИСО не несет ответственности за определение патентных прав.

Международный стандарт ИСО 10816-2 подготовлен Подкомитетом ПК 2 *Измерение и оценка вибрации и удара применительно к машинам, транспортным средствам и сооружениям* Технического комитета ИСО/ТК 108 *Вибрация и удар*.

Настоящее второе отменяет и заменяет первое издание (ИСО 10816-2:1996), в которое были внесены изменения технического характера. Дополнительно включен критерий оценки вибрации в переходных режимах работы, таких как разгон и выбег.

ИСО 10816 состоит из следующих частей, объединенных общим заглавием *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях*:

- Часть 1: Общее руководство
- Часть 2: Крупные стационарные паротурбинные турбины и генераторы мощностью более 50 МВт и номинальной скоростью 1500, 1800, 3000 или 3600 об/мин
- Часть 3: Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 об/мин на месте их эксплуатации
- Часть 4: Газотурбинные установки кроме установок с приводом от авиационных турбин
- Часть 5: Агрегаты на гидроэлектростанциях и насосных станциях
- Часть 6: Машины возвратно-поступательного действия номинальной мощностью более 100 кВт.

Приложение А составляет неотъемлемую часть настоящей части ИСО 10816. Приложение В приведено только для сведения.

Введение

Основопологающим документом, описывающим общие требования оценки вибрационного состояния машин разных видов по результатам измерений вибрации на невращающихся частях, является ИСО 10816-1. Настоящая часть ИСО 10816 распространяет методы оценки на паровые турбины и генераторы.

Оценка вибрационного состояния машины осуществляется на основе критериев, полученных из опыта эксплуатации машин данного вида. Следует иметь в виду, что эти критерии нельзя рассматривать в качестве единственного инструмента оценки вибрационного состояния. Для паровых турбин и генераторов наряду с измерениями на невращающихся частях часто используют также измерения колебаний валов. Требования к измерениям вибрации на вращающихся валах и критерии ее оценки изложены в других стандартах: ИСО 7919-1 и ИСО 7919-2.

Методы оценки, установленные в настоящей части ИСО 10816, основаны на измерениях широкополосной вибрации. Но необходимо иметь в виду, что с развитием технологии в области контроля состояния и диагностики все более общепринятыми становятся измерения в узких полосах частот и анализ спектральных составляющих вибрации. Критерии оценки для таких измерений выходят за область применения настоящей части ИСО 10816 и будут рассмотрены в ИСО 13373-1. Другие части ИСО 10816 находятся в настоящее время в стадии разработки.

Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях —

Часть 2:

Крупные стационарные паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и номинальной скоростью 1500, 1800, 3000 или 3600 об/мин

1 Область применения

Настоящая часть ИСО 10816 дает рекомендации по оценке вибрационного состояния паровых турбин и генераторов на основе измерения вибрации их опор. Эти рекомендации предполагают проведение измерений широкополосной радиальной вибрации подшипников на месте установки машины, которую оценивают:

- в нормальном установившемся режиме работы машины;
- в переходных рабочих режимах, включая прохождение через резонансные частоты при разгоне и выбеге;
- по изменениям вибрации в нормальном установившемся режиме работы.

Рекомендации распространяется также на осевую вибрацию упорных подшипников.

Настоящая часть ИСО 10816 распространяется на паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и рабочими скоростями 1500, 1800, 3000 или 3600 об/мин. Рекомендации применимы также в случае, когда паровые турбины или генераторы непосредственно соединены с газовыми турбинами (например, в системе парогазового цикла), но распространяются при этом только на паровые турбины и генераторы. Оценка состояния газовых турбин осуществляют в соответствии с ИСО 10816-4 и ИСО 7919-4.

2 Нормативные ссылки

В настоящей части ИСО 10816 посредством ссылок использованы положения нижеперечисленных нормативных документов. Для жестких ссылок изменения, впоследствии вносимые в документ, или пересмотренные редакции не учитываются. Однако сторонам, достигшим соглашения на основе настоящего международного стандарта, следует иметь в виду возможность появления более поздних редакций указанных нормативных документов. Для плавающих ссылок применяют последнее издание документа. Указатели действующих международных стандартов ведутся членами ИСО и МЭК.

ИСО 7919-2, *Вибрация — Оценка состояния машин по измерениям вибрации на вращающихся валах — Часть 2: Крупные стационарные паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и номинальной скоростью 1500, 1800, 3000 или 3600 об/мин*

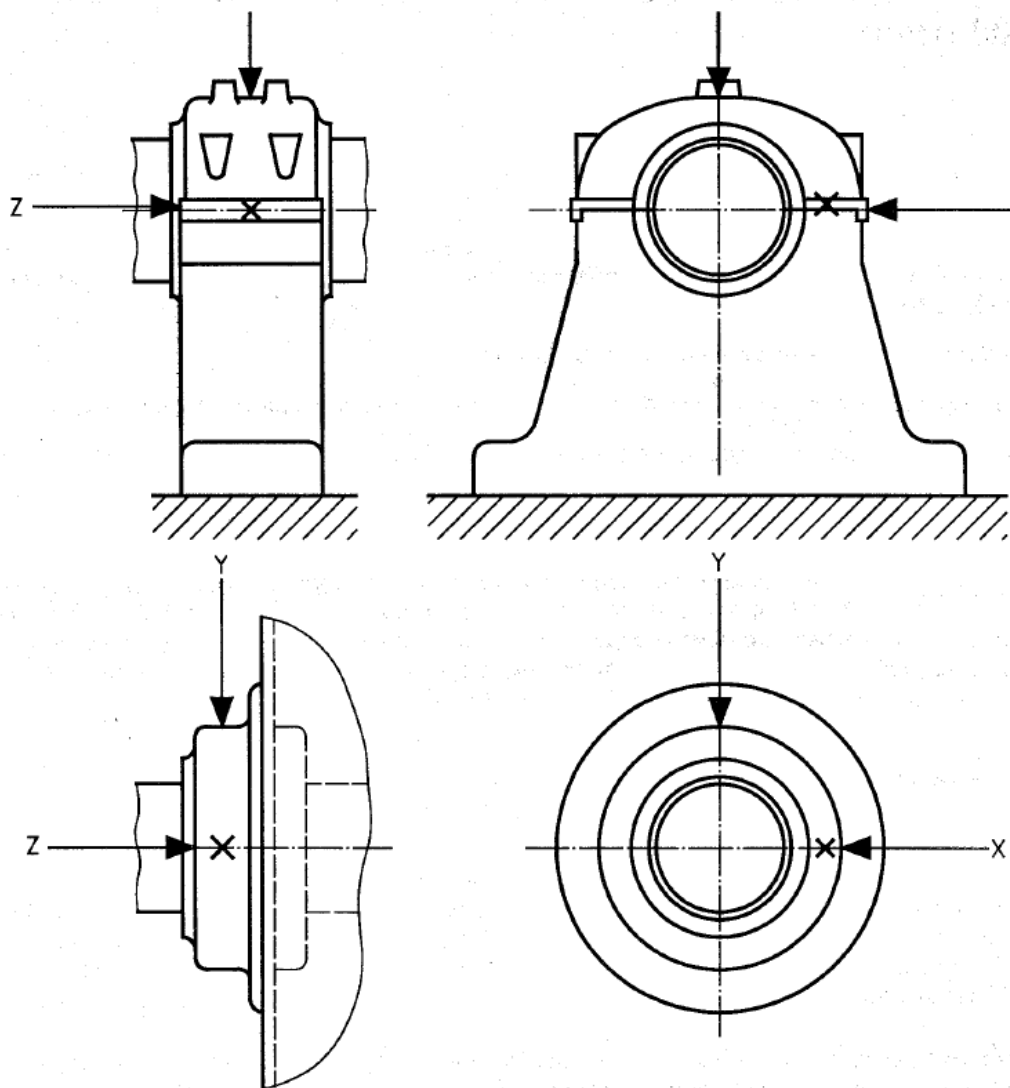
ИСО 10816-1, *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях — Часть 1: Общее руководство*

3 Измерения вибрации

Средства и методы измерений - по ИСО 10816-1.

Измерительная система должна обеспечивать возможность измерения широкополосной вибрации в диапазоне частот от 10 Гц до, по крайней мере, 500 Гц. Однако если те же средства измерений предполагается использовать в целях диагностики или контроля вибрации в режимах разгона, выбега или на повышенных частотах вращения, то для этого может потребоваться система с расширенным диапазоном частот измерений. Кроме того, в особых случаях, когда машине может сообщаться значительная низкочастотная вибрация (например, в районах повышенной сейсмической активности), может использоваться аппаратура с уменьшенным коэффициентом передачи в области низких частот.

Датчики вибрации устанавливают на жесткие элементы конструкции в точках, позволяющих полно описать динамические силы, которые действуют в процессе работы машины. Обычно измерения проводятся в двух взаимно перпендикулярных радиальных направлениях на каждой опоре, как показано на рисунке 1. Хотя датчики могут располагаться под произвольным углом по отношению к опорам, рекомендуется совмещать их оси чувствительности с вертикальным и горизонтальным направлениями.



ПРИМЕЧАНИЕ Критерии оценки состояния, установленные в настоящей части ИСО 10816, применимы к измерениям радиальной вибрации для всех подшипников и измерениям осевой вибрации для упорных подшипников

Рисунок 1 – Рекомендуемые точки измерений вибрации опор

Вместо пары датчиков можно использовать один, если заранее известно, что его достаточно для адекватного описания вибрации опоры. Однако в общем случае к этому следует подходить с осторожностью, поскольку выбранная ориентация датчика может не позволить получить оценку максимального значения параметра вибрации в данной плоскости измерения.

Обычно в режиме непрерывного контроля осевую вибрацию коренных радиальных подшипников паротурбинных генераторов не измеряют. Такие измерения проводят, прежде всего, в ходе периодических проверок или в целях диагностирования. Критерии для осевой вибрации в настоящей части ИСО 10816 не установлены, однако если осевую вибрацию измеряют на упорных подшипниках, то для оценки состояния можно использовать те же критерии, что и для радиальной вибрации.

4 Оценка вибрационного состояния

4.1 Общие положения

Стандарт ИСО 10816-1 вводит два критерия оценки вибрационного состояния машин разных видов. Один критерий основан на измерении параметров широкополосной вибрации, второй - на изменении значений этих параметров независимо от того, возрастают они или уменьшаются.

Критерии предназначены для применения при установившемся режиме работы машины в условиях номинальной скорости и нагрузки, включая незначительные плавные изменения нагрузки генератора. Кроме того, представлен дополнительный критерий для оценки вибрации в условиях переходных режимов.

4.2 Критерий 1: Абсолютные значения параметра вибрации

4.2.1 Общие положения

Данный критерий связан с определением границ для абсолютного значения параметра вибрации, обеспечивающих допустимые динамические нагрузки на подшипники и допустимую вибрацию, передаваемую вовне на опоры и фундамент.

4.2.2 Вибрация в условиях установившегося режима работы на номинальной скорости

4.2.2.1 Общие положения

Максимальное значение параметра вибрации, измеренное на каждом подшипнике или опоре сравнивают с границами четырех зон, установленными на основе международного опыта эксплуатации машин данного вида. Максимальное значение измеренного параметра определяет вибрационное состояние машины.

4.2.2.2 Зоны состояния

Для качественной оценки вибрации машины и принятия решений о необходимых действиях в конкретной ситуации определены следующие зоны состояния:

Зона А: В эту зону попадает, как правило, вибрация новых машин, вводимых в эксплуатацию.

Зона В: Машины, вибрация которых попадает в эту зону, обычно считают пригодными для эксплуатации без ограничения сроков.

Зона С: Машины, вибрация которых попадает в эту зону, обычно считают непригодными для длительной непрерывной эксплуатации. Такие машины могут функционировать ограниченный период времени до начала ремонтных работ.

Зона D: Вибрацию в данной зоне обычно рассматривают как достаточно серьезную для того, чтобы вызывать повреждения машин.

ПРИМЕЧАНИЕ Зоны состояния, определенные выше, относятся к работе в установившемся режиме на номинальной скорости. Руководство для переходного режима работы приведено в 4.2.4.

4.2.2.3 Границы зон состояния

Рекомендуемые границы зон состояния приведены в приложении А. Эти значения, относятся к результатам измерений вибрации всех подшипников в радиальном направлении и вибрации упорных подшипников в осевом направлении, полученным для установившегося режима работы на номинальной скорости. Границы зон установлены на основе обработки большой выборки данных, представленных как пользователями, так и производителями. Ввиду значительного разброса в данных установленные границы зон следует рассматривать только в качестве общих рекомендаций. Они не предназначены для использования в качестве условий приемочных испытаний – такие условия должны являться предметом соглашения между изготовителем машины и покупателем. Однако если установленные границы зон состояний будут приняты во внимание при формулировке указанных условий, это позволит избежать ненужных затрат и предъявления явно завышенных требований.

В большинстве случаев соответствие вибрации значениям, приведенным в таблице А.1, позволяет утверждать, что динамические нагрузки, передаваемые на опору машины и фундамент, находятся в допустимых пределах. Однако в некоторых случаях специфические особенности машины или накопленный опыт ее эксплуатации могут потребовать установления иных границ (более низких или более высоких). Примерами этого могут быть следующие ситуации.

- a) Часто иные допустимые значения, основанные на анализе конструкции машины, применяют в случае легко нагруженных подшипников (например, опорных подшипников ротора возбuditеля) или упругих опор
- b) У паровых турбин и генераторов с податливыми опорами ротора или подшипников вибрация подшипников может быть выше, чем для машин более жесткой конструкции. Если опыт эксплуатации показывает допустимость такой повышенной вибрации, границы зон состояний могут быть соответствующим образом изменены.

В отношении машин с подшипниками разной жесткости – см. 4.2.3.2 и приложение В.

Повышение значений границ зон состояний требует, как правило, объяснения причину таких изменений. В частности, следует привести доказательства того, что надежность машины не будет ухудшена при эксплуатации с более высокими уровнями вибрации. В качестве доказательств может быть приведен, например, успешный опыт эксплуатации машин аналогичной конструкции, установленных на аналогичные опоры. Более высокие уровни вибрации допустимы также в условиях переходных режимов, таких как разгон машины и выбег (см. 4.2.4).

В настоящей части ИСО 10816 не делается различия для паровых турбин и генераторов, установленных на жесткие либо податливые фундаменты. Это согласуется с ИСО 7919-2, распространяющемся на вибрацию вала машин того же класса. Однако, если дополнительно собранные и проанализированные данные покажут необходимость установления разных критериев для машин на массивных бетонных и легких стальных фундаментах, настоящая часть ИСО 10816, так же как и ИСО 7919-2, может быть соответствующим образом пересмотрена.

Как правило, для оценки вибрационного состояния машин используют такую величину как скорость. В таблице А.1 представлены границы зон состояния, основанные на измерении среднеквадратичного значения (с.к.з.) скорости. На практике, однако, часто применяют аппаратуру, предназначенную для измерений не среднеквадратичных, а пиковых значений скорости. Если в сигнале вибрации преобладает одна частотная составляющая, можно указать простое соотношение между пиковым и среднеквадратичным значениями и пересчитать границы зон, указанные в таблице А.1, таким образом, чтобы ими можно было пользоваться при считывании пиковых значений.

Для паровых турбин и генераторов преобладающей, как правило, является вибрация на частоте вращения. Это позволяет построить таблицу, аналогичную таблице А.1, но рассчитанную на считывание пиковых значений. Для этого значения границ зон из таблицы А.1 умножаются на коэффициент $\sqrt{2}$. И наоборот,

таблицей А.1 можно пользоваться без изменений, если считываемые пиковые значения скорости делить на тот же коэффициент $\sqrt{2}$.

Если средство измерений показывает результаты измерений истинных пиковых значений скорости, это может потребовать применения других коэффициентов пересчета в среднеквадратичные значения.

4.2.3 Ограничения на функционирование

4.2.3.1 Общие положения

При долговременной эксплуатации машин обычной является практика установления ограничений на функционирование, связанных с вибрацией. Эти ограничения имеют следующие формы:

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: для привлечения внимания к тому, что заданный параметр вибрации достиг определенного уровня, когда может потребоваться проведение восстановительных мероприятий. В общем случае, после достижения состояния ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ машина может эксплуатироваться в течение некоторого периода времени пока проводятся исследования причин изменения вибрации и определяется комплекс необходимых мероприятий.

ОСТАНОВ: для определения уровня вибрации, при превышении которого дальнейшая эксплуатация может привести к повреждениям. По достижении уровня ОСТАНОВ следует принять немедленные меры к снижению вибрации или же остановить машину.

Вследствие разницы в динамических нагрузках и жесткостях опор, для различных положений и ориентаций датчиков вибрации могут быть установлены разные ограничения на функционирование.

4.2.3.2 Установка уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ может существенно варьироваться для различных машин. Обычно его устанавливают относительно некоторого базового уровня, определяемого для конкретной машины и определенного положения и направления измерения из опыта эксплуатации этой машины.

Рекомендуется устанавливать уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ выше базового уровня на величину, равную 25 % значения верхней границы зоны В. Если базовое значение мало, уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ может лежать ниже зоны С.

В том случае, если базовый уровень не определен, например, для новых машин, начальную установку уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ следует выполнить либо исходя из опыта эксплуатации аналогичных машин, либо относительно некоторого согласованного значения. Спустя некоторое время следует определить базовый уровень для данной машины и соответствующим образом скорректировать уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.

Если вибрация, по которой определяется базовый уровень, не стационарна и не обладает свойством повторяемости, для получения базового уровня потребуется провести усреднение сигнала вибрации по времени. Такую обработку обычно осуществляют с использованием компьютерных программ.

Рекомендуется, чтобы уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ не превышал более чем в 1,25 раза верхнюю границу зоны В.

В случае измерения базового уровня (например, вследствие капитального ремонта машины), может потребоваться соответствующее изменение уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Для различных подшипников машины могут существовать разные уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, что отражает разницу в динамических нагрузках на эти подшипники и их жесткости.

Пример установления уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ приведен в приложении В.

4.2.3.3 Установка уровня ОСТАНОВ

Уровень ОСТАНОВ обычно связывают с необходимостью сохранения механической целостности машины, и он может зависеть от различных конструктивных особенностей, применяемых для того, чтобы машина могла противостоять возникновению аномальных динамических сил. Таким образом, этот уровень будет, как правило, одним и тем же для машин аналогичной конструкции и не будет связан с базовым уровнем, используемым для установления уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.

Вследствие многообразия машин различных конструкций не представляется возможным дать четкое руководство для точного определения уровня ОСТАНОВ. Обычно уровень ОСТАНОВ находится в пределах зон С или D, но рекомендуется, чтобы этот уровень не превышал более чем в 1,25 раз верхнюю границу зоны С.

4.2.4 Вибрация в условиях переходного режима

4.2.4.1 Общие положения

Значения границ зон состояний (приложение А) определены из расчета долговременной работы паровых турбин и генераторов в заданном установившемся режиме. Во время переходных режимов может быть допустима вибрация с более высокими значениями. Здесь имеются в виду как переходные процессы на номинальной рабочей скорости, так и режимы разгона и выбега, в течение которых машина может проходить через области резонансов. При этом значения параметров вибрации могут превосходить установленные уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ (см. 4.2.3).

Как и в случае вибрации в установившемся режиме, установление допустимых значений вибрации в переходных режимах должно быть предметом соглашения между изготовителем машины и покупателем. Однако, приводимые ниже рекомендации должны помочь избежать ненужных затрат и ограничить предъявление нереалистичных требований.

4.2.4.2 Вибрация во время переходных процессов на номинальной скорости

Переходная вибрация имеет место во время процессов синхронизации, сброса нагрузки, ухода частоты, быстрых изменений нагрузки или коэффициента мощности и других процессов, длительность которых относительно невелика. Для таких условий обычно принято считать, что вибрация является допустимой, если она не превышает верхнюю границу зоны С.

4.2.4.3 Вибрация во время разгона и выбега

Предельные значения параметров вибрации в процессе разгона (выбега) могут существенно зависеть от конструктивных особенностей машины и конкретных условий ее работы. Например, для агрегата с базисной нагрузкой, пуск которого во время эксплуатации осуществляют ограниченное число раз, может быть допустима более высокая вибрация, в то время как для агрегата, работающего в двухсменном режиме и достигающего заданной выходной мощности на ограниченном интервале времени, требования по вибрации могут быть более жесткими. Кроме того, вибрация, наблюдаемая при прохождении областей резонансов в процессе разгона или выбега, сильно зависит от коэффициента демпфирования системы и скорости изменения частоты вращения ротора. Поскольку скорость изменения частоты вращения при выбеге обычно меньше, чем при разгоне, во время прохождения резонансных скоростей при выбеге могут наблюдаться более высокие значения параметров вибрации (дополнительные сведения в отношении чувствительности машин к дисбалансу приведены в ИСО 10814).

В настоящей части ИСО 10816 даны только общие рекомендации, которые можно использовать при отсутствии установленного базового уровня (см. приложение В). Эти рекомендации состоят в том, что в целях предотвращения повреждений виброскорость основания в процессе разгона, выбега и на скоростях выше номинальной не должна превышать верхнюю границу зоны С. Следует, однако, отметить, что установление единого критерия по параметру виброскорости во всем диапазоне частот вращения, проходимого в процессе разгона и выбега, дает недопустимо высокие граничные значения для виброперемещения на низких частотах. Если это факт является существенным, для области низких частот вращения ротора может быть установлен дополнительный критерий.

Рекомендуемый критерий графически изображен на рисунке 2.

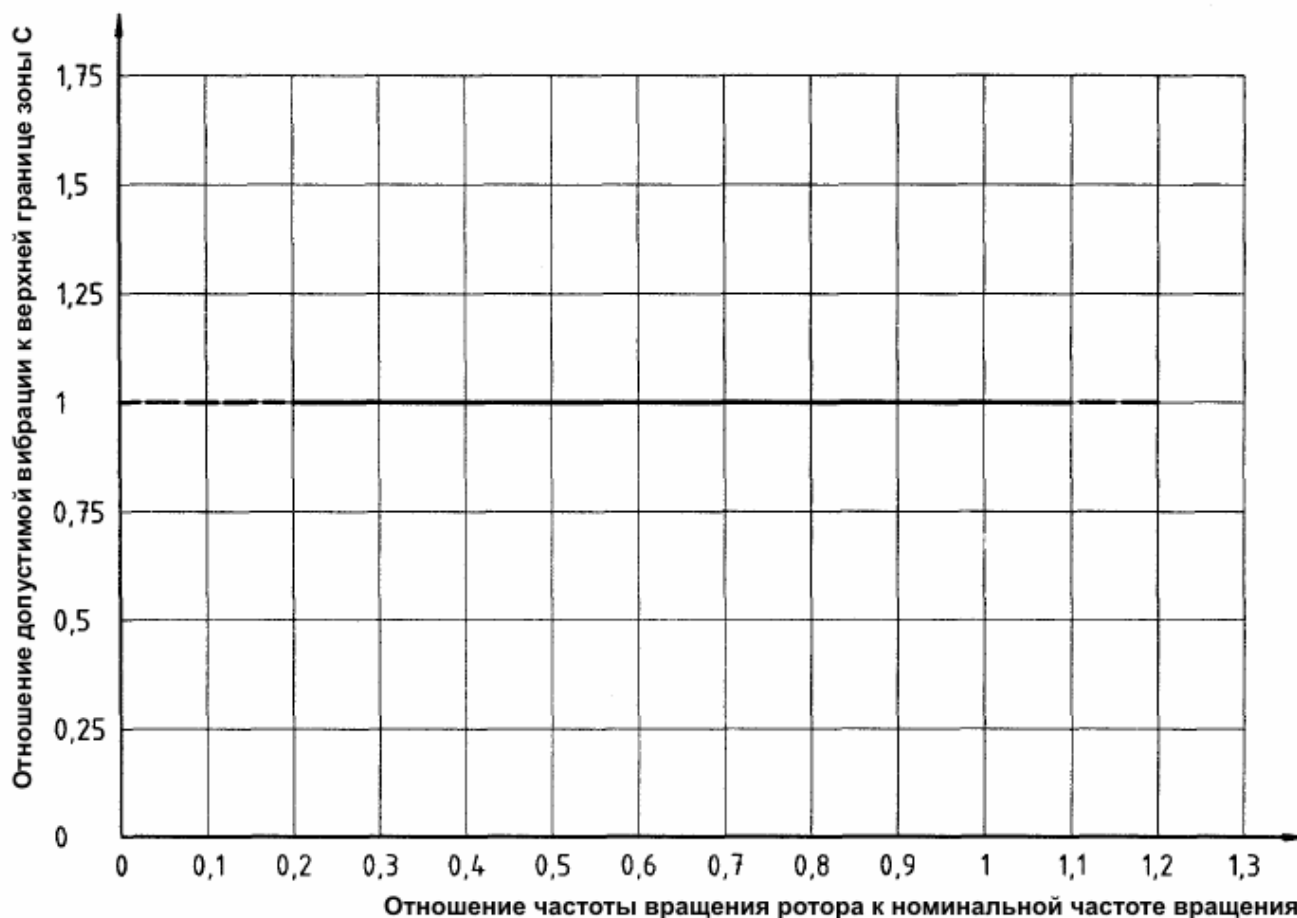


Рисунок 2 – Допустимая вибрация основания в процессе разгона, выбега и на скоростях выше номинальной

Максимальные значения вибрации обычно имеют место при прохождении через области резонансных скоростей. Для предотвращения чрезмерной вибрации рекомендуется, по возможности, проводить оценку вибрации в предрезонансных областях и сравнивать полученные значения с теми, что наблюдались в тех же условиях, когда состояние машины было заведомо удовлетворительным. Если наблюдаются существенные расхождения в результатах измерений, то может оказаться целесообразным принятие дополнительных мер (например, остановить изменение скорости вращения до стабилизации вибрации или ее возвращения к ранее полученным параметрам, провести более детальные исследования, проверить параметры режима).

Как и в случае установившегося режима работы уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ для режимов разгона, выбега и работы на частотах вращения выше номинальной должен быть задан относительно соответствующего базового уровня, который определяют из опыта наблюдений вибрации в режимах разгона, выбега и работы на повышенных скоростях для конкретной машины.

Рекомендуется устанавливать уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ для режимов разгона, выбега и работы на повышенных скоростях выше базового уровня на величину, равную 25 % значения верхней границы зоны В. При отсутствии надежных данных для определения базового уровня общей рекомендацией будет установить уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ не выше верхней границы зоны С.

Уровень ОСТАНОВ для режимов разгона, выбега и работы на повышенных скоростях обычно не устанавливают. Так если чрезмерно высокую вибрацию наблюдают при разгоне, то вместо установления уровня ОСТАНОВ в качестве более простого решения можно предложить уменьшение частоты вращения.

С другой стороны, нет особого смысла устанавливать уровень ОСТАНОВ для режима выбега, поскольку это все равно не повлечет за собой каких-либо изменений в режиме работы машины (т.е. в любом случае режим выбега, уже начатый, будет доведен до полной остановки ротора).

4.3 Критерий 2: Изменения значений параметров вибрации

Данный критерий основан на оценке изменения параметра вибрации по сравнению с предварительно установленным базовым уровнем. Значительное изменение значения параметра широкополосной вибрации в сторону увеличения или уменьшения может потребовать принятия определенных мер даже в том случае, когда граница зоны С по Критерию 1 еще не достигнута. Изменения вибрации могут быть практически мгновенными или постепенно нарастающими во времени и указывать на повреждения в начальной стадии или другие неполадки. Приводимый здесь Критерий 2 основан на изменении значения параметра широкополосной вибрации в установившемся режиме работы. При этом под установившемся режимом следует понимать возможность небольших изменений в выходной мощности на номинальной скорости работы машины.

При использовании Критерия 2 важно, чтобы измерения вибрации проводились при одном и том же положении и ориентации датчиков вибрации и приблизительно в одном и том же режиме работы машины. Необходимо исследовать очевидные изменения в вибрации машины, чтобы предотвратить возникновение опасной ситуации. Если изменения вибрации существенны (обычно за значимые изменения принимают те, что превышают 25 % значения верхней границы зоны В), то независимо от того, повысилась вибрация или понизилась, необходимо принять меры для выяснения причин таких изменений. После этого проводят диагностические исследования, позволяющие выяснить причины изменений и предложить дальнейшие корректирующие действия.

Количественный критерий в 25 % как признак значительного изменения вибрационного состояния дан только в качестве ориентира, что не препятствует использованию другого значения, если это исходит из опыта эксплуатации конкретной машины.

4.4 Дополнительные процедуры/критерии

Измерение вибрации и оценка состояния машины в соответствии с настоящим стандартом могут быть дополнены измерениями вибрации валов с использованием соответствующих критериев по ИСО 7919-2. Однако важно понимать, что не существует простого способа рассчитать по вибрации корпуса подшипника вибрацию вала и наоборот. Разность между абсолютной и относительной вибрацией вала характеризует вибрацию корпуса подшипника, но может быть численно не равна ей вследствие неучета фазовых соотношений. Таким образом, если для оценки вибрационного состояния наряду с критериями настоящей части ИСО 10816 применяются также критерии из ИСО 7919-2, следует провести независимые измерения вибрации вала и подшипника. Если в результате применения различных критериев получены различные оценки состояния машины, в качестве окончательной оценки следует принять ту, что накладывает большие ограничения на возможности эксплуатации.

4.5 Оценка вибрационного состояния на основе векторной информации

Оценки, рассматриваемые в настоящей части ИСО 10816, ограничены использованием широкополосной вибрации без учета частотного состава вибрации или фазовых соотношений. Во многих случаях это отвечает требованиям приемочных испытаний и контроля состояния. Тем не менее, в целях долговременного контроля или диагностирования полезно использовать информацию о векторе частотной составляющей вибрации для обнаружения и идентификации изменений в динамическом состоянии машины. В ряде случаев такие изменения остаются необнаруженными при использовании измерений только широкополосной вибрации (см., например, ИСО 10816-1).

Информация, связанная с частотными составляющими и фазовыми соотношениями, все шире используется в целях контроля состояния и диагностики. Однако, установление подобных критериев выходит за рамки настоящей части ИСО 10816.

Приложение А (обязательное)

Границы зон состояния

Как правило, оценка вибрации на основе значений границ зон состояния, приведенных в таблице А.1, с последующим принятием соответствующих мер обеспечивает удовлетворительную работу машины. Однако в некоторых случаях особенности конструкции машины могут потребовать установления других граничных значений (см. 4.2.2.3).

Таблица А.1 – Рекомендуемые среднеквадратичные значения виброскорости корпуса подшипника (основания) паровой турбины или генератора для использования в качестве границ зон вибрационного состояния

Граница между зонами	Среднеквадратичное значение скорости, мм/с, для различных номинальных частот вращения ротора, об/мин	
A/B	2,8	3,8
B/C	5,3	7,5
C/D	8,5	11,8

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Указанные значения относятся к установившемуся режиму работы на номинальной скорости и точкам измерения, указанным на рисунке 1. Они применяются для результатов измерений вибрации в радиальном направлении на всех подшипниках и в осевом направлении на упорных подшипниках.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Указанные значения используют для оценки вибрации паровых турбин и генераторов, установленных как на жестких, так и на податливых фундаментах. Однако, как правило, вибрация машин на массивных бетонных фундаментах ниже той, что наблюдается для машин на податливых фундаментах.

Приложение В (информационное)

Пример установки уровней ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ

В качестве примера рассматривается крупный паротурбинный агрегат с номинальной скоростью вращения 3000 об/мин. Для новых машин (при отсутствии априорной информации о вибрации подшипников) уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ устанавливается, как правило, в пределах зоны С. Конкретное значение обычно определяется по согласованию между производителем и покупателем машины. В частности, предположим, что он установлен первоначально для каждого подшипника на уровне нижней границы зоны С, что соответствует среднеквадратичному значению скорости 8,0 мм/с.

Спустя некоторое время после начала эксплуатации машины покупатель может рассмотреть возможность изменения уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ с тем, чтобы он отражал типичные значения вибрации каждого подшипника в установившемся режиме. Используя в качестве основы процедуру, описанную в 4.2.3.2, он может установить уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ для каждого подшипника путем суммирования типичных значений вибрации в установившемся режиме, полученных по результатам эксплуатации данной машины, и величины, равной 25 % верхней границы зоны В. Следовательно, если типичное значение вибрации на одном из подшипников в установившемся режиме равно 4,0 мм/с (базовый уровень), новый уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ будет равен для него 5,9 мм/с (т.е. 4,5 мм/с + 0,25×7,5 мм/с) (см. таблицу А.1) и находиться в пределах зоны В. Если для другого подшипника типичное значение равно 6,0 мм/с, то применение процедуры, описанной в 4.2.3.2 даст для него значение 7,9 мм/с. Разница между полученным значением и первоначально установленным уровнем 8,0 мм/с незначительна, поэтому для данного подшипника уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ может быть оставлен без изменения.

Однако, для любого подшипника уровень ОСТАНОВ, выраженный через среднеквадратичное значение скорости, следует оставить равным 11,8 мм/с в соответствии с критерием 1, полагая, что это значение является критическим для данной машины.

Библиография

- [1] ИСО 2954, *Вибрация машин с вращательным и возвратно-поступательным движением — Требования к средствам измерения для контроля вибрационного состояния*
- [2] ИСО 7919-1, *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации вращающихся валов — Часть 1: Общее руководство*
- [3] ИСО 7919-3, *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации вращающихся валов — Часть 3: Машинные комплексы*
- [4] ИСО 7919-4, *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации вращающихся валов — Часть 4: Газотурбинные установки*
- [5] ИСО 10814, *Вибрация — Чувствительность и подверженность машин к дисбалансу*
- [6] ИСО 10816-3, *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях — Часть 3: Промышленные машины номинальной мощностью свыше 15 кВт и номинальной скоростью вращения от 120 до 15000 об/мин на месте их установки*
- [7] ИСО 10816-4, *Вибрация — Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях — Часть 4: Установки с приводом от газовых турбин за исключением авиационных*
- [8] ИСО 13373-1, *Контроль состояния и диагностика машин — Вибрационный контроль состояния — Часть 1: Общие методы*