

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Вибрация

**Контроль состояния машин по результатам
измерений вибрации на невращающихся частях**

Часть 4. Газотурбинные установки

Издание официальное

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183
"Вибрация и удар"

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт представляет собой аутентичный текст международного стандарта ИСО 10816-4-98 "Вибрация. Оценка состояния машин по измерениям вибрации на невращающихся частях. Часть 4. Газотурбинные установки за исключением установок на основе авиационных турбин".

© ИПК Издательство стандартов

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

Содержание

1 Область применения
2 Нормативные ссылки
3 Измерения вибрации
4 Оценка состояния
Приложение А	Границы зон состояния
Приложение В	Пример установки уровней ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ
Приложение С	Библиография

Введение

ГОСТ ИСО 10816-1 является основополагающим стандартом, описывающим общие требования для оценки вибрационного состояния машин различных типов по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Настоящий стандарт представляет собой руководство по оценке степени жесткости вибрации газотурбинных установок посредством ее измерения на корпусах или опорах подшипников.

Для оценки вибрационного состояния предусмотрены два критерия. Один из них рассматривает сами значения наблюдаемой вибрации, другой - изменения этих значений. Следует, однако, иметь в виду, что перечисленные критерии не являются единственной основой для оценки вибрационного состояния. Для ряда машин широко используются критерии, основанные на измерении вибрации на вращающихся частях. Требования к измерениям вибрации вала, а также соответствующие критерии изложены в [1] и ГОСТ ИСО 7919-4.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Вибрация

Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях

Часть 4. Газотурбинные установки

Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.
Part 4. Gas turbine driven sets

Дата введения

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает руководство по оценке степени жесткости вибрации, измеренной на корпусах или опорах подшипников агрегатов с приводом от газовых турбин.

Критерии, приведенные в настоящем стандарте, распространяются на газотурбинные установки, работающие под нагрузкой, за исключением установок на основе авиационных турбин (а также тех газовых турбин, динамические свойства которых аналогичны авиационным). Большие отличия в характеристиках и конструкции авиационных турбин - например, в жесткости корпуса, конструкции подшипников, отношении масс ротора и статора, конструкции основания, - требует использования для них других критериев, нежели те, что установлены в настоящем стандарте.

Настоящая часть ИСО 10816 распространяется только на газовые турбины под полной нагрузкой, используемых в качестве приводов установок, выходная мощность которых превышает 3 МВт, а рабочие скорости лежат в диапазоне от 3 000 до 20 000 об/мин. К ним относятся и газовые турбины, непосредственно связанные с другими первичными двигателями, например, паровыми турбинами, однако оценка вибрационного состояния паровых турбин выходит за рамки настоящего стандарта. Кроме того, настоящий стандарт распространяется и на приводное оборудование за исключением того, что указано в нижеследующем перечне.

Настоящий стандарт не распространяется на следующие машины:

- газовые турбины мощностью менее или равной 3 МВт (см. [2]);
- насосы с приводом от газовых турбин (см. [2]);
- соединенные с газовыми турбинами паровые турбины и генераторы (см. [3] и [4]);
- соединенные с газовыми турбинами компрессоры (см. [2]);
- зубчатые передачи (см. [5]).

Критерии настоящего стандарта применимы к вибрационным измерениям на корпусах и опорах подшипников газовых турбин и приводного оборудования с подшипниками с масляной смазкой. Предполагается, что измерения широкополосной вибрации проводят на месте эксплуатации в установившемся режиме работы. Настоящий стандарт распространяется на агрегаты, содержащие зубчатые передачи или подшипники качения, но он не предназначен для оценки состояния этих узлов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ИСО 5348-99 Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров

ГОСТ ИСО 7919-4-99 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Газотурбинные агрегаты

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

3 Измерения вибрации

Методика измерений и средства измерений должны соответствовать ГОСТ ИСО 10816-1 и нижеследующим положениям (см. также [6]).

Измерительная аппаратура, предназначенная для газовых турбин, должна обеспечивать измерение вибрации в широкой полосе частот, нижняя граница которой равна 10 Гц, а верхняя по крайней мере в шесть раз превышает максимальную частоту вращения ротора. Однако, если измерительное оборудование предназначено также и для диагностических целей, это может потребовать проведения измерений в более широком диапазоне частот и, возможно, осуществления спектрального анализа вибрации. Если необходимо сравнить результаты измерений, полученных для двух разных машин, важно, чтобы эти измерения были сделаны в одном и том же диапазоне частот.

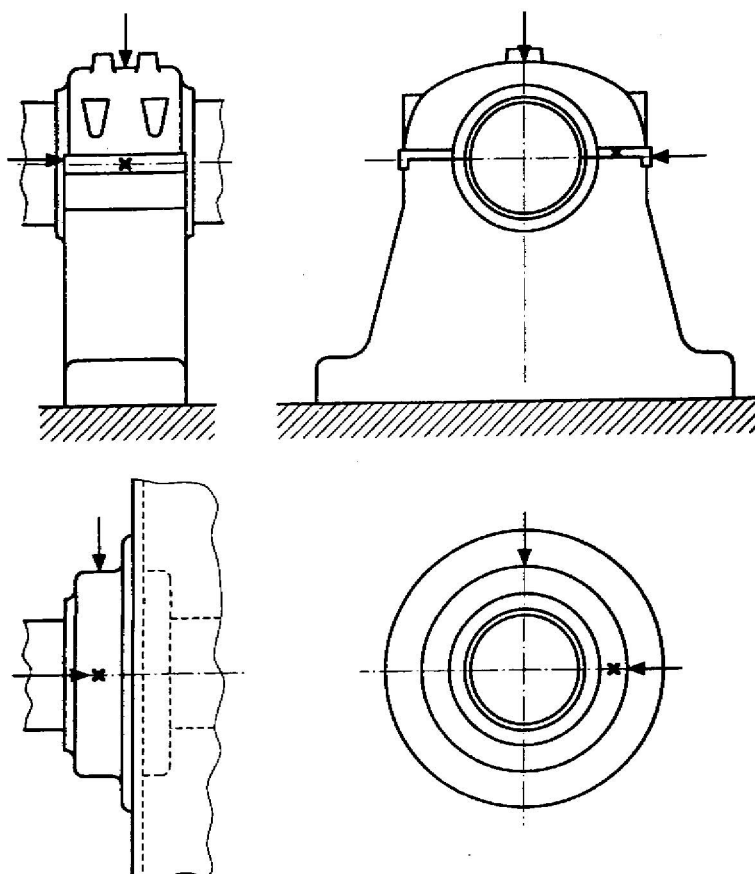
Измерительные точки должны быть выбраны таким образом, чтобы измеряемая вибрация несла в себе достаточно информации о динамических силах, действующих в машине, и, вместе с тем, в них не должно чрезмерно проявляться влияние сторонних источников: зубчатого зацепления, процессов сгорания топлива и т.д. Как правило, это требует проведения измерений в двух ортогональных радиальных направлениях на крышке или опоре каждого подшипника, как показано на рисунке 1. Направление измерений вибрации опоры или корпуса подшипника может быть выбрано произвольно, но обычно предпочтительны горизонтальное и вертикальное направления.

Иногда вместо обычной пары датчиков для измерения вибрации опоры или корпуса подшипника может использоваться только один датчик, если известно, что с его помощью можно получить полную информации о вибрационном состоянии машины. Однако, при этом следует обращать особое внимание на оценку вибрации в данной плоскости измерения, поскольку выбранная ориентация единственного датчика может не обеспечивать получение максимального значения вибрации в данной плоскости.

Характеристики измерительной системы должны быть известны, включая влияние на них таких факторов как:

- колебания температуры;
- магнитные поля;
- звуковые поля;
- колебания напряжения питания;
- длина преобразовательного кабеля;
- ориентация датчика.

Требования к креплению датчика вибрации - по ГОСТ ИСО 5348.



Примечание - Критерии оценки, установленные в настоящей части ИСО 10816, применимы к радиальной вибрации подшипников всех видов и осевой вибрации упорных подшипников.

Рисунок 1 Точки измерений на коренных подшипниках

4 Оценка состояния

ГОСТ ИСО 10816-1 вводит два общих критерия для оценки степени жесткости вибрации машин различных классов. Один критерий рассматривает собственно значения измеренной в широкой полосе вибрации, другой - изменения этих значений независимо от того, возрастают они или понижаются.

4.1 Критерий 1: Абсолютные значения вибрации

Данный критерий связан с определением границ для абсолютного значения вибрации, обеспечивающих допустимые динамические нагрузки на подшипники и допустимую вибрацию, передаваемую вовне через опоры и фундамент. Максимальное значение вибрации, измеренное на корпусе или опоре каждого подшипника, сравнивают с границами зон для данного направления измерений, которые установлены исходя из международного опыта проведения исследований. Степень жесткости вибрации машины определяется по максимальному из всех измеренных значений.

4.1.1 Зоны состояния

Для качественной оценки вибрации данной машины и обеспечения руководством по действию в возможной ситуации определяются 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 могут считаться пригодными для дальнейшей эксплуатации без ограничения сроков.

Зона С: Машины, вибрация которых попадает в эту зону, обычно рассматриваются как непригодные для длительной непрерывной эксплуатации. Обычно данные машины могут функционировать ограниченный период времени, пока не появится подходящая возможность для проведения ремонтных работ.

Зона D: Уровни вибрации в данной зоне обычно рассматриваются как достаточно серьезные, для того чтобы вызвать повреждение машины.

Численные значения границ зон не предназначены для использования в качестве условий приемочных испытаний - такие условия должны являться предметом соглашения между изготовителем машины и покупателем. Однако обращение к значениям установленных границ позволит избежать как ненужных затрат на снижение виброактивности машины, так и предъявления чрезмерно завышенных требований. В некоторых случаях специфические особенности конкретной машины могут потребовать установления иных границ (более низких или более высоких). В таких случаях, как правило, изготовителю машины необходимо объяснить причину изменения граничных значений и, в частности, подтвердить, что машина не будет подвергаться опасности при эксплуатации с более высокими уровнями вибрации.

4.1.2 Границы зон состояния

Значения границы зон состояния приведены в таблице А.1. Значения из таблицы А.1 относятся к измерениям вибрации на всех корпусах и опорах подшипников в установившемся режиме работы на номинальной скорости вращения. Однако, следует отметить, что на вибрацию газовых турбин могут оказывать влияние система крепления и устройства сочленения с приводным оборудованием.

В настоящем стандарте, - так же как и в ГОСТ ИСО 7919-4, распространяющемся на тот же класс машин, - границы зон установлены безотносительно к жесткости фундамента (опоры), поскольку имеющиеся экспериментальные данные не позволяют установить различные критерии для газотурбинных установок, например, на массивных бетонных и на легких стальных фундаментах.

Как правило, оценка степени жесткости вибрации машин делается на основе измерений виброскорости. В таблице А.1 представлены границы зон состояния, выраженные через средние квадратические значения (с.к.з) виброскорости. Во многих случаях, однако, принято измерять виброскорость посредством приборов, откалиброванных для считывания не средних квадратических, а пиковых значений виброскорости. Если сигнал вибрации имеет форму, близкую к синусоиде, можно установить простое соответствие между пиковым и средним квадратическим значениями, и границы зон в таблицах можно привести к пиковым значениям, умножая их на коэффициент $\sqrt{2}$.

Для газотурбинных установок характерно преобладание в спектре вибрации гармоник оборотной частоты. В этих случаях, если вместо средних квадратических измеряются пиковые значения вибрации, можно построить таблицу, эквивалентную таблице А.1. Для этого значения границ зон, взятые из таблицы, умножаются на коэффициент $\sqrt{2}$. Соответственно, критериями из таблицы А.1 можно пользоваться, если измеренные пиковые значения вибрации разделить на $\sqrt{2}$.

4.1.3 Вибрация в осевом направлении

Как правило, в процессе непрерывного контроля состояния газовых турбин не принято измерять осевую вибрацию коренных радиально нагруженных подшипников. Такие измерения осуществляются обычно во время периодических осмотров и при проведении диагностических процедур. При измерении осевой вибрации упорных подшипников для нее справедливы те же критерии, что и для радиальной вибрации.

4.2 Критерий 2: Изменения значений вибрации

Данный критерий основан на оценке изменения вибрации по сравнению с предварительно установленным эталонным значением. Значительное изменение значения широкополосной вибрации может потребовать принятия определенных мер даже в том случае, когда граница зоны С в соответствии с критерием 1 еще не достигнута. Такие изменения 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 широкополосной вибрации в установившемся режиме работы. При этом под установившемся режимом следует понимать возможность небольших изменений в выходной мощности или рабочих параметрах машины.

При использовании критерия 2 важно, чтобы измерения вибрации проводились при одном и том же положении и ориентации датчика и приблизительно в одном и том же установившемся режиме работы машины, включая значения скорости, нагрузки и температуры. Необходимо исследовать значительные отклонения вибрации от ее обычного уровня, чтобы предотвратить возникновение опасной ситуации. Если изменения вибрации (в ту или другую сторону) превышают 25 % значения верхней границы зоны В, такие изменения следует рассматривать как значительные. В этом случае необходимо провести диагностические исследования, чтобы выявить причины такого изменения и определить, какие меры необходимо предпринять.

Примечание - Общая практика показывает, что изменения в 25 % обычно можно рассматривать как значительные, однако опыт эксплуатации конкретной машины может подсказать использование других значений; так для некоторых насосов могут оказаться допустимы и большие изменения.

4.3 Ограничения на функционирование

В процессе долгосрочной эксплуатации машины обычной является практика установления ограничений на функционирование, связанных с вибрацией. Эти ограничения имеют следующие формы:

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ - для привлечения внимания к тому, что вибрация или изменения вибрации достигли определенного уровня, когда может потребоваться проведение восстановительных мероприятий. В общем случае, при возникновении состояния ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ машина может эксплуатироваться в течение некоторого периода времени пока проводятся исследования причин изменения вибрации и определяется комплекс необходимых мероприятий.

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

Для проведения анализа вибрации исследований во время установившегося режима работы машины в условиях, когда вибрация постепенно приближается к уровню ОСТАНОВ, должны быть приняты специальные меры, например, уменьшение рабочей скорости или нагрузки, позволяющие стабилизировать вибрацию на постоянном или более низком уровне.

4.3.1 Установка положения ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ может существенно изменяться, в сторону возрастания или уменьшения, для различных машин. Обычно данная величина устанавливается относительно некоторого базового значения (базовой линии), определяемого для конкретной машины и определенного положения и направления измерения из опыта эксплуатации этой машины.

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

В том случае, если базовое значение не определено, например, для новых машин,

начальную установку уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ следует выполнить либо исходя из опыта эксплуатации аналогичных машин, либо относительно согласованного приемлемого значения. Спустя некоторое время следует установить постоянную базовую линию и соответствующим образом скорректировать уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.

В тех случаях, когда базовый сигнал является нестационарным, его следует усреднить каким-либо способом, для чего может потребоваться помощь компьютера.

Обычно рекомендуется, чтобы граница ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ не превышала верхнюю границу зоны В более чем в 1,25 раза.

Если произошло изменение постоянного базового значения (например, вследствие капитального ремонта машины), может потребоваться соответствующее изменение положения ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Вследствие различия в динамических нагрузках и жесткости подшипниковых опор, для различных подшипников может быть установлен свой уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.

Пример определения уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ дан в приложении В.

4.3.2 Установка положения ОСТАНОВ

Уровень ОСТАНОВ обычно связывают с необходимостью сохранения механической целостности машины. Таким образом, данная величина, как правило, будет одной и той же для машин аналогичных конструкций и не будет связана с базовым значением, как это имело место для уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.

Вследствие многообразия машин различных конструкций не представляется возможным дать четкое руководство для точного установления уровня ОСТАНОВ. Обычно этот уровень находится в пределах зон С или D, но рекомендуется, чтобы он не превышал верхнюю границу зоны С более чем в 1,25 раз. Однако, на основе опыта эксплуатации конкретной машины может быть установлено и иное значение.

4.4 Дополнительные процедуры и критерии

Измерение вибрации и оценка состояния машины в соответствии с настоящим стандартом могут быть дополнены измерениями вибрации валов и соответствующими критериями согласно стандарту ИСО 7919-4. Однако важно понимать, что не существует простого способа рассчитать по вибрации корпуса подшипника вибрацию вала и наоборот. Разность между абсолютной и относительной вибрацией характеризует вибрацию корпуса подшипника, но может быть численно не равна ей вследствие неучета фазовых соотношений. Таким образом, если для оценки степени жесткости вибрации наряду с настоящей частью ИСО 10816 применяется также стандарт ИСО 7919-4, следует провести независимые измерения вибрации вала и корпуса или опоры подшипника. В случае, когда в результате применения критериев в соответствии с настоящей частью ИСО 10816 и стандартом ИСО 7919-4 получены различные оценки состояния машины, в качестве окончательной оценки следует принять ту, что накладывает большие ограничения на возможности эксплуатации, если только накопленный опыт не подсказывает другого решения.

4.5 Оценка вибрационного состояния на основе векторной информации

Оценки, рассматриваемые в настоящем стандарте, ограничены использованием широкополосной вибрации без учета частотных составляющих или фазовых соотношений. Во многих случаях это отвечает требованиям приемочных испытаний и эксплуатационного контроля. Тем не менее в целях долговременного контроля или диагностирования полезно использовать информацию о составляющих вибрации в векторной форме для обнаружения и идентификации изменений в динамическом состоянии машины. В ряде случаев такие изменения остаются необнаруженными при использовании только измерений широкополосной вибрации (см., например, ГОСТ ИСО 10816-1).

Информация, связанная с частотными составляющими и фазовыми соотношениями

все более широко используется в целях контроля состояния и диагностики. Однако, установление подобных критериев выходит за рамки настоящего стандарта.

Приложение А

(обязательное)

Границы зон состояния

Таблица А.1 - Границы зон вибрационного состояния, основанные на измерении виброскорости корпуса/опоры подшипника для машин со скоростью вращения вала от 3 000 до 20 000 об/мин

Граница зон	С.к.з. виброскорости мм/с
A/B	4,5
B/C	9,3
C/D	14,7
ПРИМЕЧАНИЕ Данные значения применимы для измерений радиальной вибрации на всех корпусах/опорах подшипников в установившемся режиме работы на номинальной скорости, а также для осевой вибрации упорных подшипников. Типичные положения точек измерений показаны на рисунке 1.	

Приложение В

(справочное)

Пример установки уровней ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ

В качестве примера рассматривается газовая турбина с номинальной скоростью вращения 3000 об/мин. Для новых машин, при отсутствии априорной информации о вибрации подшипников, уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ устанавливают, как правило, в пределах зоны С по согласованию между производителем и покупателем машины. В данном примере предположим, что он был установлен первоначально для каждого подшипника на уровне нижней границы зоны С, что соответствует среднему квадратическому значению 9,3 мм/с.

Спустя некоторое время после начала эксплуатации машины покупатель может рассмотреть возможность изменения положения уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ с тем, чтобы он отражал типичные значения вибрации каждого подшипника в установившемся режиме. На основе изложенного в 4.3.1, уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ может быть установлен для каждого подшипника в виде значения, равного сумме типичного уровня вибрации в установившемся режиме, полученного в результате эксплуатации, и 25 % верхней границы зоны В.

Уровень ОСТАНОВ, выраженный через среднее квадратическое значение виброскорости, следует оставить равным 14,7 мм/с в соответствии с критерием 1, полагая, что данное значение является критическим для вибрационного состояния машины.

Приложение С

(информационное)

Библиография

- [1] ГОСТ ИСО 7919-1-99 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования
- [2] ГОСТ ИСО 10816-3-99 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3. Промышленные машины номинальной мощностью свыше 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 об/мин
- [3] ГОСТ 25364-97 Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений
- [4] ИСО 10816-2-96 Вибрация Оценка состояния машин по измерениям вибрации на невращающихся частях Часть 2: Крупные стационарные паротурбинные агрегаты мощностью свыше 50 МВт
- [5] ГОСТ ИСО 8579-2-97 Приемочные испытания зубчатых механизмов. Определение вибрации зубчатых механизмов в процессе приемочных испытаний
- [6] ГОСТ ИСО 2954-97 Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерений

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к проекту государственного стандарта

"Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений
вибрации на невращающихся частях. Часть 4. Газотурбинные установки"

1 ОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТА

Стандарт разрабатывается на основании Дополнения к ПГС-99.

2 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТА

Стандарт устанавливает способы оценки виброактивности газотурбинных установок, за исключением установок на основе авиационных турбин.

Полученные данные используются в ходе приемочных испытаний и при эксплуатационном контроле машин. В стандарте устанавливаются правила измерения вибрации и критерии оценки вибросостояния газотурбинных установок.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА СТАНДАРТИЗАЦИИ

В настоящее время в рамках Международной организации по стандартизации (ИСО) проводится активная работа по разработке стандартов для различных типов машин, устанавливающих рекомендуемые допустимые значения вибрации, которая измеряется как на вращающихся валах (стандарты серии 7919), так и на неподвижных частях (стандарты серии 10816). При этом в отдельных стандартах, в частности, для измерения вибрации на неподвижных частях - в стандарте ИСО 2954, устанавливаются требования к оборудованию для измерения вибрации, включающие в себя требования к выбору контролируемого параметра и требования к обеспечению необходимой точности измерения этого параметра. В отечественной практике также разработаны стандарты для отдельных групп машин (например, стационарных паротурбинных агрегатов, машин целлюлозно-бумажной промышленности). Поскольку указанные международные стандарты стали, де-факто, общепризнанными стандартами оценки не только состояния, но и качества машин, представляется необходимым введение их в России.

4 ПРЕДПОЛАГАЕМЫЙ СРОК ВВЕДЕНИЯ СТАНДАРТА

Предполагаемая дата введения стандарта в действие - 01.07.2000 г.

5 СВЕДЕНИЯ О СООТВЕТСТВИИ ПРОЕКТА СТАНДАРТА МЕЖДУНАРОДНЫМ (РЕГИОНАЛЬНЫМ) СТАНДАРТАМ (ИХ ПРОЕКТАМ) И НАЦИОНАЛЬНЫМ СТАНДАРТАМ ДРУГИХ СТРАН

Требования стандарта соответствуют требованиям международного стандарта ИСО 10816-4.

6 ПАТЕНТНАЯ ЧИСТОТА

Проект стандарта проверке на патентную чистоту не подлежит

7 ВЗАИМОСВЯЗЬ С ДРУГИМИ СТАНДАРТАМИ

Стандарт взаимоувязан с ГОСТ ИСО 10816-1, ГОСТ ИСО 2954.

8 СВЕДЕНИЯ О РАССЫЛКЕ НА ОТЗЫВ

Первая редакция проекта стандарта рассылается на отзыв организациям-членам ТК 183 "Вибрация и удар".

Отв. секретарь ТК 183

И.Р.Шайняк