

ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****Вибрация****ВИБРАЦИЯ МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ С АКТИВНЫМИ  
МАГНИТНЫМИ ПОДШИПНИКАМИ****Часть 2****Оценка вибрационного состояния****Vibration. Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic  
bearings. Part 2. Evaluation of vibration**

ОКС 17.160

Дата введения 2012-09-01

**Предисловие**

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД") на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 "Вибрация, удар и контроль технического состояния"

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ [Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2011 г. N 527-ст](#)

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 14839-2:2004\* "Вибрация. Вибрация машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками. Часть 2. Оценка вибрационного состояния" (ISO 14839-2:2004 "Mechanical vibration - Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings - Part 2: Evaluation of vibration", IDT).

---

\* Доступ к международным и зарубежным документам, упомянутым в тексте, можно получить, обратившись в [Службу поддержки пользователей](#). - Примечание изготовителя базы данных.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочного международного стандарта соответствующий ему

межгосударственный стандарт, сведения о котором приведены в дополнительном [приложении ДА](#)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в [статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации"](#). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.gost.ru](http://www.gost.ru))*

## Введение

В настоящем стандарте рассматриваются вопросы, связанные с оценкой технического состояния машины по результатам измерений вибрации ротора, а также измерений тока и напряжения в управляющих катушках машины с активными магнитными подшипниками (АМП) при ее работе в номинальном установившемся режиме без учета значений этих параметров в переходном режиме при прохождении критических частот вращения. Вибрация машины в области критической частоты вращения рассматривается в ИСО 10814<sup>1)</sup> через характеристики модальной чувствительности, что выходит за рамки настоящего стандарта.

---

<sup>1)</sup> Введен как [ГОСТ 31186-2002](#) (ИСО 10814:1996) "Вибрация. Подверженность и чувствительность машин к дисбалансу".

Для подшипников скольжения с жидкостной смазкой характерна высокая жесткость опоры при малом радиальном зазоре (порядка 0,1% радиуса цапфы ротора), что обуславливает требование достаточно низкой вибрации, не допускающей прорыва валом ротора слоя смазки и его касания металлической втулки подшипника. В АМП, напротив, жесткость опоры относительно мала, а зазор, соответственно, велик (до 0,5% радиуса цапфы ротора), поэтому более высокий уровень вибрации ротора в АМП является вполне естественным и допустимым. Меньшая жесткость опоры АМП означает и более низкую вибрацию, переданную на фундамент машины. Поэтому по сравнению со стандартами по оценке вибрационного состояния машин с подшипниками жидкостного трения (серия ИСО 7919-1) в настоящем стандарте установлены более высокие значения границ зон вибрационного состояния.

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общее руководство по проведению измерений и оценке состояния машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками (АМП), определяемого по характеристикам:

- перемещений вала вблизи АМП;
- напряжения/тока, измеренным на катушке управления или на выходе усилителя мощности АМП.

Обе характеристики измеряют в нормальном режиме работы машины в лаборатории ее изготовителя или на месте эксплуатации. Критерии оценки состояния основаны на абсолютных значениях характеристик для установившегося режима работы машины, а также на возможных изменениях этих характеристик во времени.

Настоящий стандарт распространяется на промышленные машины вращательного действия с потребляемой или генерируемой мощностью свыше 15 кВт без ограничений по их размерам и рабочей частоте вращения (такие как турбокомпрессоры, турбонасосы, паровые турбины, турбогенераторы, турбовентиляторы, электроприводы и пр., в состав которых входят роторы на АМП), за исключением машин с малогабаритными роторами, например, шпинделями, маховиками, роторами турбомолекулярных насосов.

Настоящий стандарт распространяется на машины как с жесткими, так и с гибкими роторами.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ISO 7919-1<sup>1)</sup>, Mechanical vibration of non-reciprocating machines - Measurements on rotating shafts and evaluation criteria - Part 1: General guidelines (Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 1. Общее руководство)

---

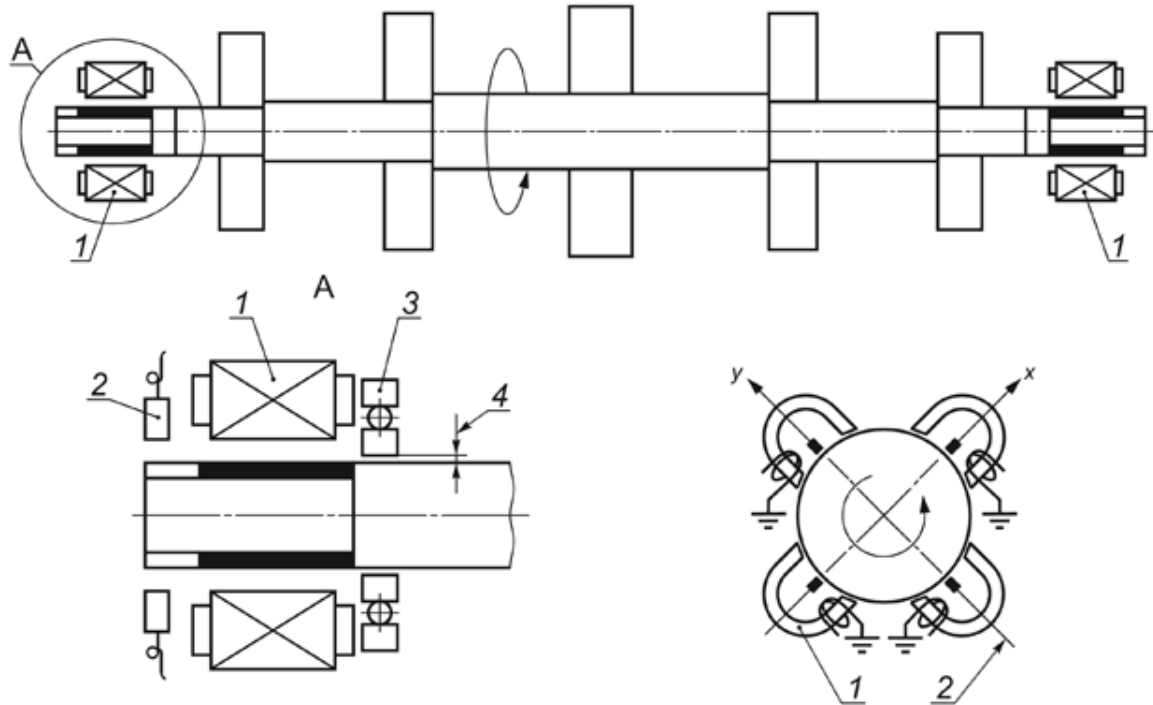
1) Заменен на ISO 20816-1:2016.

## 3 Принципы измерения параметров и оценки состояния

### 3.1 Описание системы "ротор - АМП"

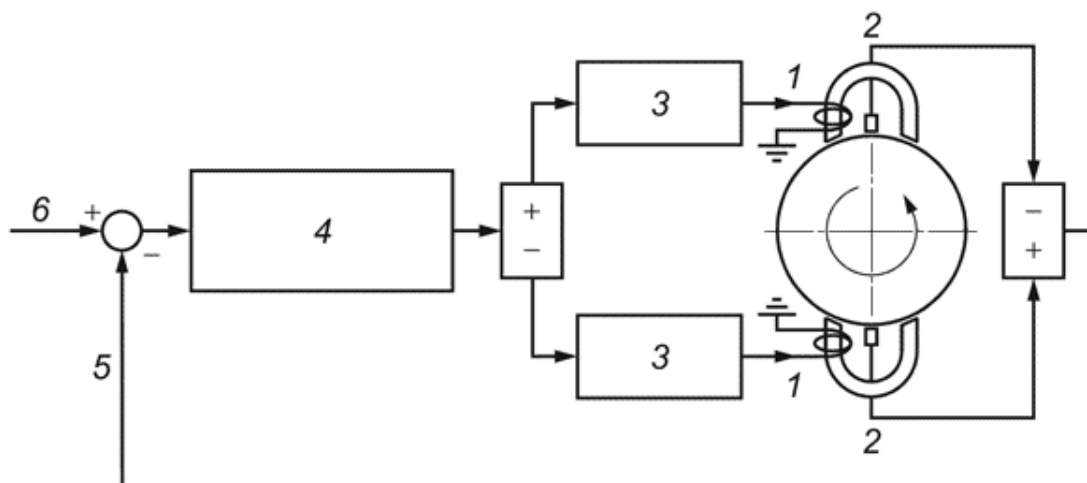
Типичная система "ротор - АМП" показана на рисунке 1. АМП расположен на каждом конце вала и включает в себя датчики перемещения и страхующий шариковый подшипник. Осевой АМП на рисунке 1 не показан. Система управления АМП показана на рисунке 2. Каждый датчик перемещения системы управления передает сигнал, содержащий информацию о положении ротора в подшипнике (отклонении от центра подшипника), на контроллер. Контроллер может представлять собой ПИД-регулятор. Управляющий сигнал с контроллера

поступает на усилитель мощности и определяет выходной ток усилителя, поступающий в катушку управления АМП. Если вал смещается вниз, то в верхней катушке возбуждается ток, создающий магнитную силу, поднимающую вал вверх. Точно такой же механизм действует для поддержания вала в его номинальном положении внутри подшипника, поэтому система управления обеспечивает одновременно и левитацию ротора, и подавление его вибрации.



1 - АМП; 2 - датчик перемещения; 3 - страхующий подшипник; 4 - зазор

Рисунок 1 - Ротор на активных магнитных подшипниках



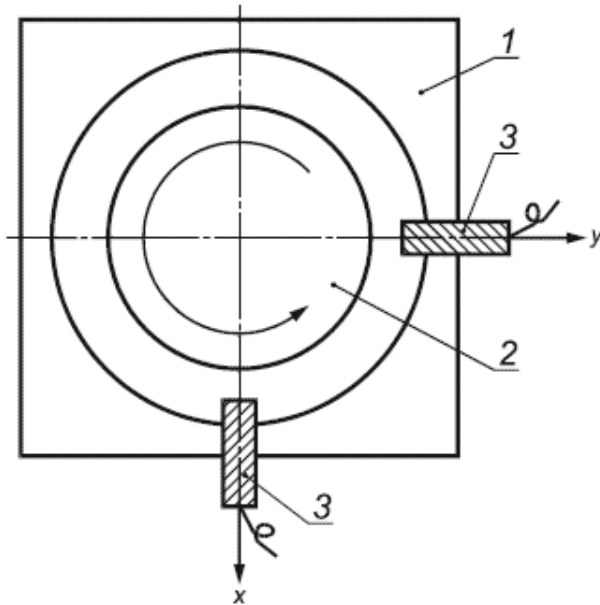
1 - АМП; 2 - датчик перемещения; 3 - усилитель мощности; 4 - контроллер; 5 - управляющий сигнал; 6 - опорный сигнал

Рисунок 2 - Схема системы управления АМП

### 3.2 Перемещение

В настоящем стандарте термин "перемещение" означает общее отклонение положения вала, включая статическое смещение, от центра подшипника. Вибрация стационарных элементов машины (например, подшипниковых корпусов) в настоящем стандарте не рассматривается.

В состав радиального АМП входят собственные датчики перемещения для измерения перемещений  $x(t)$  и  $y(t)$  в двух взаимно перпендикулярных направлениях (см. рисунок 3). Поэтому дополнительных датчиков перемещения для измерения вибрации вала не требуется. В настоящем стандарте рассматриваются результаты измерений вибрации вала собственными датчиками АМП.



1 - корпус; 2 - вал; 3 - датчик перемещения

Рисунок 3 - Датчики перемещения АМП

Как видно из рисунка 3, у радиального подшипника измерительные оси датчиков совпадают с осями  $x$  и  $y$ . Сигналы этих датчиков позволяют определить положение оси ротора в каждый момент времени, включая постоянное смещение (эксцентриситет) и переменную составляющую (орбиту прецессии вала), как показано на рисунке 4. На этом рисунке координаты постоянного смещения от центра зазора АМП (вектора, соединяющего точки  $O$  и  $O_j$ ) обозначены  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$ , а максимальные отклонения от постоянного смещения по осям  $x$  и  $y$  - соответственно  $a_x$  и  $a_y$ . Максимальное отклонение  $D_{\max}$  положения ротора от центра зазора АМП может быть рассчитано по формуле

$$D_{\max} = \max \left[ \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \right] \quad (1)$$

или, приближенно, по формуле

$$D_{\max} \approx \sqrt{x_{\max}^2 + y_{\max}^2} \quad (2)$$

где  $x_{\max} = \varepsilon_x + a_x$ ;

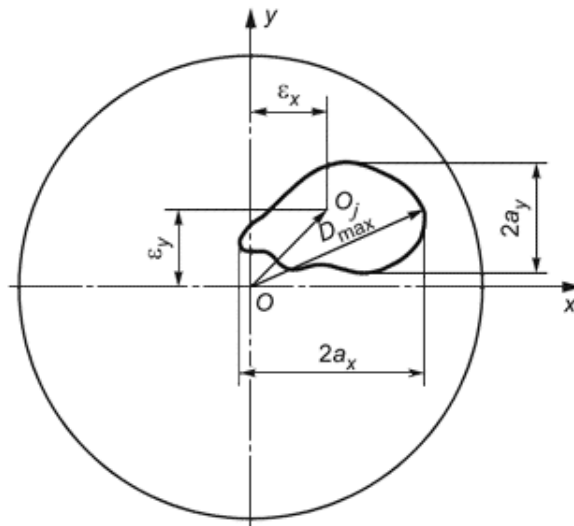
$y_{\max} = \varepsilon_y + a_y$ .

Приближенная формула (2) обычно дает завышенную оценку  $D_{\max}$ , причем погрешность оценки может достигать приблизительно 40%.

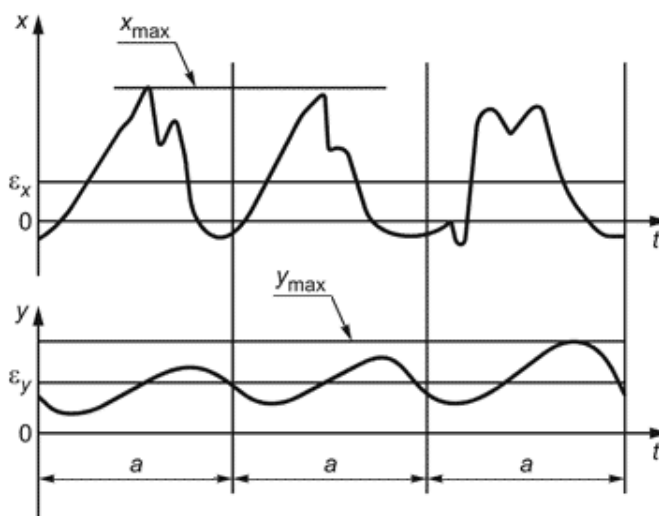
Получить оценку  $D_{\max}$  по сигналам двух датчиков перемещения на основе формулы (1) или (2) довольно сложно, так как для этого нужно располагать цифровым осциллографом или другим аналогичным прибором. Упрощенно можно определить максимальное отклонение в каждом из ортогональных направлений по временной форме сигнала, как показано на рисунке 4, и использовать оценку

$$D_{\max} \geq \max[x_{\max}, y_{\max}]. \quad (3)$$

Применение формулы (3) обычно дает заниженную оценку  $D_{\max}$ .



а) Орбита прецессии вала



б) Временные сигналы датчиков перемещения

$t$  - время;  $a$  - период вращения вала

Рисунок 4 - Орбита прецессии вала и соответствующие широкополосные сигналы  
вибрации

Чтобы предотвратить контакт ротора со статором, должно выполняться (с некоторым запасом) следующее неравенство

$$D_{\max} < C_{\min-radial}, \quad (4)$$

где  $C_{\min-radial}$  - минимальный радиальный зазор в подшипнике.

В настоящем стандарте значение параметра  $D_{\max}$  используется как показатель для оценки запаса зазора.

Аналогично для оценки запаса осевого зазора проводят измерения перемещения ротора в осевом направлении  $z$  и сравнивают максимальное осевое перемещение  $D_{\max} = z_{\max}$  с минимальным осевым зазором  $C_{\min-axial}$ . В этом случае должно выполняться неравенство

$$D_{\max} < C_{\min-axial}. \quad (5)$$











































