ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 22096— 2015

Контроль состояния и диагностика машин

МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

(ISO 22096:2007, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного 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 20 октября 2015 г. № 1583-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 22096:2007 «Контроль состояния и диагностика машин. Акустическая эмиссия» (ISO 22096:2007 «Condition monitoring and diagnostics of machines — Acoustic emission», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). 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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Принципы метода акустической эмиссии 2
5 Применение метода акустической эмиссии 3
6 Сбор данных 4
7 Предварительные сведения 5
8 Анализ данных и представление результатов 5
9 Процедуры 6
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации 7
Библиография 8

Введение

Метод акустической эмиссии может быть использован в целях контроля состояния машин и диагностирования как самостоятельно, так и в сочетаниях с другими методами, например, основанными на анализе сигналов вибрации или теплового излучения машин. Метод может быть реализован с использованием стационарных, полустационарных и переносных измерительных систем в зависимости от степени критичности обследуемых объектов. Обычно в состав измерительной системы входят преобразователи, усилители сигналов, фильтры и устройства сбора данных. В зависимости от целей применения метода могут быть использованы разные характеристики сигнала акустической эмиссии.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Контроль состояния и диагностика машин

МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Condition monitoring and diagnostics of machines. Acoustic emission method

Дата введения — 2016—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие принципы применения метода акустической эмиссии в целях контроля состояния и диагностирования машин, работающих в разных режимах и в разных условиях применения. Метод распространяется на все виды машин и основан на измерениях только тех сигналов, что распространяются по конструкции машины.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ИСО 2041 Вибрация, удар и контроль состояния. Словарь (ISO 2041, Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary)

ИСО 12716 Контроль неразрушающий. Метод акустической эмиссии. Словарь (ISO 12716, Non-destructive testing — Acoustic emission inspection — Vocabulary)

ИСО 13372 Контроль состояния и диагностика машин. Словарь (ISO 13372, Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary)

ИСО 18436-6 Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 6. Метод акустической эмиссии (ISO 18436-6, Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 6: Acoustic emission)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 2041, ИСО 12716, ИСО 13372, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 **акустическая эмиссия** (контроль состояния машин) (acoustic emission): Класс явлений, приводящих к появлению распространяющихся по конструкции или в среде (жидкостях, газах) волн вследствие быстропротекающих процессов высвобождения энергии из локализованных источников внутри или на поверхности материала.

Примечание 1 — Высвобождение энергии может быть следствием таких процессов, как распространение трещины в материале, трение соприкасающихся частей машины, удары между частями машины или утечки материала.

Примечание 2 — Данное определение сформулировано в максимально общей форме с целью отразить различные возможности применения метода акустической эмиссии в целях контроля состояния машин разных видов.

3.2 **акустико-эмиссионный контроль** (контроль состояния машин) (acoustic emission monitoring): Обнаружение и сбор данных акустической эмиссии, позволяющих судить о состоянии машины.

Примечание — Данное определение применимо только в области контроля состояния машин.

Издание официальное

3.3 **акустико-эмиссионный преобразователь** (acoustic emission sensor/receiver): Устройство, позволяющее преобразовать движение упругой волны в электрический сигнал.

3.4 **сигнал акустической эмиссии** (acoustic emission signal): Электрический сигнал на выходе акустико-эмиссионного преобразователя, связанный с акустической волной от источника акустической эмиссии.

3.5 **акустико-эмиссионные характеристики** (acoustic emission characteristics): Набор характеристик, описывающих акустическую эмиссию данной машины или источник акустической эмиссии.

Примечание — Описываемый волновой процесс, обусловленный акустической эмиссией, может быть импульсного или непрерывного типа.

3.6 **акустико-эмиссионный волновод** (acoustic emission waveguide): Устройство, по которому акустическая волна распространяется от источника к акустико-эмиссионному преобразователю.

3.7 **фоновый шум** (background noise): Ложная составляющая сигнала акустической эмиссии, не связанная с процессами акустической эмиссии в контролируемых узлах машины.

Примечание — Фоновый шум может представлять собой сигнал, обусловленный электрическими, температурными или механическими процессами.

3.8 **контактная среда** (couplant): Среда между объектом акустико-эмиссионного контроля и акустико-эмиссионным преобразователем, используемая для улучшения передачи акустической волны.

Примеры — Масло, смазка, клеевое соединение, водно-эмульсионная смазочно-охлаждающая паста, воск.

3.9 **имитатор Су-Нильсена** (Hsu-Nielsen source): Устройство для установки и излома графитового стержня карандаша с целью искусственного моделирования процесса акустической эмиссии и возбуждения акустической волны.

Примечание — Акустическая волна зависит от применяемого стержня. Обычно применяют стержень твердостью 2Н диаметром 0,5 мм (допускается 0,3 мм) и длиной (3,0 ± 0,5) мм.

3.10 **машина** (machine). Механическая система, предназначенная для выполнения определенных задач (формирования материала, передачи и преобразования движения, силы или энергии).

3.11 **машинный агрегат** (machine system): Механическая система, основным элементом которой является отдельная машина (см. 3.10) и которая включает в себя также вспомогательные элементы, предназначенные для поддержания функционирования этой машины.

4 Принципы метода акустической эмиссии

4.1 Явление акустической эмиссии

Акустическая эмиссия может иметь место внутри или на поверхности материалов. Данное явление заключается в спонтанном высвобождении энергии, выражаемом в форме распространения упругих волн. Акустическая эмиссия внутри материала проявляет себя через упругие волны на поверхности материала в широком диапазоне частот (обычно от 20 кГц до 1 МГц).

Упругие волны, связанные с процессами акустической эмиссии, обнаруживают с помощью специальных преобразователей движения точек на поверхности материала в электрические сигналы. Эти сигналы затем подлежат соответствующему преобразованию и обработке для получения информации о состоянии контролируемого объекта и раннего обнаружения процессов потери механической и структурной целости объекта. Форма электрического сигнала зависит от путей распространения и форм акустических волн, генерируемых внутри и/или на поверхности материала. Поэтому сигналы акустической эмиссии от одних и тех же источников могут быть разными в зависимости от путей прохождения акустических волн.

4.2 Преимущества и ограничения метода

Преимуществами метода являются:

a) получение данных без вмешательства в конструкцию контролируемого объекта;

b) получение данных в реальном масштабе времени;

c) высокая чувствительность, позволяющая осуществлять более раннее (например, по сравнению с вибрационным методом) обнаружение;

d) возможность контроля динамического поведения объекта;

e) применимость в широком диапазоне скоростей вращения, позволяющая осуществлять контроль, в том числе, низкоскоростных машин (со скоростью вращения ротора менее 60 мин$^{-1}$);

f) возможность обнаружения процессов износа и трения, например при ослаблении соединений соседних элементов машины или вследствие ухудшения состояния смазки.

Ограничения метода связаны с:

- быстрым ослаблением акустических волн при прохождении по конструкции машины;
- высокой зависимостью от фонового шума;
- невозможностью точного сопоставления акустико-эмиссионных характеристик с механизмом неисправности в машине.

5 Применение метода акустической эмиссии

5.1 Контроль состояния машин

Метод акустической эмиссии может быть применен к широкому классу машин при условии наличия пути передачи через элементы конструкции машины акустической волны от интересующего объекта контроля к акустико-эмиссионному преобразователю. В таблице 1 показаны некоторые примеры неисправностей для машин разных видов, которые могут быть выявлены с использованием данного метода. Оценка состояния осуществляется не по абсолютным значениям параметров сигнала акустической эмиссии, а по их изменениям в заданном режиме работы машины.

Таблица 1 — Примеры применения метода акустической эмиссии в целях контроля состояния машин

Тип машин	Неисправности						
	Дефекты подшипников	Истирание уплотнений	Износ	Загрязнение/уменьшение смазки	Несоосность	Дефекты установки	Процессы (утечки, изменения рабочих характеристик)
Насосы	•	•	•	•	•	•	•
Коробки передач	•		•	•	•	•	•
Электродвигатели	•			•	•	•	
Паровые турбины	•	•		•	•	•	•
Газовые турбины	•	•		•	•	•	•
Электрогенераторы	•			•	•	•	
Дизельные двигатели			•				•
Механообрабатывающие центры	•		•	•			
Вентиляторы, воздуходувки	•			•	•		•
Низкоскоростные машины вращательного действия (менее 60 мин$^{-1}$)	•			•	•	•	•
Узлы машин (клапаны, теплообменники)			•	•		•	•
Компрессоры	•	•	•	•	•	•	•

Например, повышение общего уровня сигнала в установившемся режиме работы машины свидетельствует об ухудшении ее технического состояния. Модуляция сигнала одной из основных подшипниковых частот является признаком ранней стадии повреждения подшипника, которое может еще не быть обнаружено по наблюдениям вибрации и ударных импульсов. Следует отметить, что проявление акустико-эмиссионной активности может быть разным для разных машин, разных условий работы и разных нагрузок.

5.2 Влияющие факторы

Прежде чем проводить измерения акустической эмиссии важно убедиться в том, что на их результаты не повлияют сторонние шумы, такие как шум электронных устройств (электромагнитные поля радиочастотного диапазона), воздушный шум (от струй газа или ударов о машину мелких частиц, поднимаемых ветром), шум от рабочих процессов в машине (потоков жидкостей в трубах) и механический фоновый шум.

6 Сбор данных

6.1 Установка системы

Типичная схема системы сбора данных акустической эмиссии показана на рисунке 1. Обычно преобразователь устанавливают на обследуемой машине и соединяют с предусилителем, выход которого соединен с входом устройства сбора данных. Некоторые акустико-эмиссионные преобразователи имеют встроенные предусилители. Данные собирают во время работы машины. Их объем и глубина последующего анализа зависят от конкретного применения. Система может быть выполнена в стационарном, полустационарном или переносном вариантах.

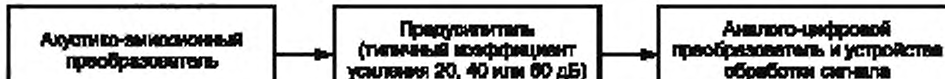

Рисунок 1 — Схематичное изображение системы сбора данных

6.2 Средства измерений

Детектирование волны, порожденной акустической эмиссией, является наиболее критичной частью измерения, поэтому необходимо принять все меры для обеспечения хорошего пути ее прохождения, включая согласование импедансов на границах сред. Необходимо рассмотреть также последствия неправильного выбора частотных фильтров, преобразователей, частоты дискретизации и т. п. Требования к средствам измерений и их калибровке могут быть взяты из [2], [3], [5], [6]. При выборе преобразователя следует учитывать его размеры, коэффициент преобразования, частотную характеристику и условия применения. В ряде случаев, например при обследовании крупных подшипников, для обнаружения источников акустической эмиссии может потребоваться использование нескольких преобразователей. Локализация источника акустической эмиссии может быть выполнена несколькими способами, в том числе на основе расчета времен прихода акустической волны к преобразователям.

6.3 Установка преобразователей и применение контактных сред

При использовании метода акустической эмиссии в целях контроля состояния машин важно убедиться, что преобразователь надежно установлен в месте крепления с использованием соответствующей контактной среды. Крепление может быть осуществлено с применением механических устройств (с созданием прижимной силы посредством магнита, механического зажима и т. д.) или клеящих материалов. В последнем случае клеящий материал является контактной средой.

Положение акустико-эмиссионного преобразователя должно обеспечить наличие пути прохождения к нему акустической волны по элементам конструкции машины. Этот путь может включать в себя разрывы (эти разрывы рассматриваются как границы между двумя элементами, например между головкой болта и зажимаемой деталью), однако между граничащими элементами должен быть обеспечен контакт — либо механический, либо через контактную среду (примером может быть путь распространения через подшипник скольжения, где смазка и охлаждающее масло в подшипнике выступают в качестве контактной среды). Место установки преобразователя должно быть чистым. Для улучшения прохождения акустической волны можно удалить в месте установки преобразователя все слои краски вплоть до поверхности металла, однако при этом следует убедиться, что данная операция не ухудшит техническое состояние машины. Следует принять все возможные меры к тому, чтобы контактная поверхность преобразователя плотно прилегала к поверхности установки, т. е. последняя должна быть ровной, чистой и не иметь трещин. Улучшение качества пути прохождения акустической волны улучшает повторяемость результатов измерений.

В определенных обстоятельствах преобразователь может быть установлен в акустико-эмиссионном волноводе. Обычно волновод применяют для обеспечения более прямого пути прохождения вол-

ны от источника акустической эмиссии в наблюдаемом объекте к преобразователю, а также с целью уменьшить температурное влияние на преобразователь. Волновод может изменять характеристики акустической волны (амплитуду, форму и т. п.).

При использовании контактной среды небольшое ее количество наносят в центр той области, где должен быть установлен преобразователь. Затем преобразователь плотно прижимают к поверхности, равномерно распределяют контактную среду по всей области контакта. От толщины контактной среды может зависеть коэффициент преобразования преобразователя.

Если использование контактной среды нецелесообразно по практическим соображениям, то применяют сухой контакт. Необходимую прижимную силу определяют экспериментально, например, с использованием имитатора Су-Нильсена. Следует убедиться, что между контактной поверхностью преобразователя и поверхностью установки отсутствуют пустоты.

При использовании клеящей контактной среды следует убедиться, что создаваемая связь между преобразователем и поверхностью установки не разрушится вследствие возможной деформации поверхности, температурных расширений или механических нагрузок. Должны быть известны свойства клеящей среды в конкретных условиях применения.

Примечание — Растрескивание клеящего слоя само приводит к появлению сигналов акустической эмиссии.

Для предотвращения фонового шума электрической природы преобразователь должен быть электрически изолирован.

7 Предварительные сведения

Приготовление к измерениям и их проведение требует знания:

- идентификационных данных машины (ее название и номер);
- режима работы (нагрузка, скорость, температура и т. д.);
- истории эксплуатации и технического обслуживания;
- конструкции машины;
- истории ее неисправностей или отказов;
- предыдущих данных измерений акустической эмиссии.

Для правильной интерпретации результатов измерений необходимо наличие соответствующей экспериментальной базы данных или знания базового уровня, соответствующего нормальным условиям применения машины. Базовый уровень представляет собой значения совокупности контролируемых параметров, получаемых, когда известно, что машина находится в хорошем техническом состоянии и работает в стабильном режиме. Результаты последующих измерений сравнивают с базовым уровнем для выявления возможных отклонений.

Для машин, работающих в нескольких режимах, может быть установлено несколько базовых уровней — по одному для каждого контролируемого режима. Для машин, вводимых в эксплуатацию после покупки или ремонта, может быть установлен период прирабатывания. В течение этого периода (нескольких дней или недель) могут наблюдаться изменения контролируемых параметров. Результаты измерений, проведенных в период прирабатывания, не следует использовать для формирования базового уровня. Базовый уровень может быть определен также для оборудования, уже длительное время находившегося в эксплуатации, но для которого только сейчас начинают применять метод акустико-эмиссионного контроля.

8 Анализ данных и представление результатов

Основная цель анализа состоит в установлении связи между акустико-эмиссионными характеристиками и условиями работы машины, измерении отклонений от базовой линии для идентификации состояния машины.

Критериями, применяемыми при контроле состояния машин методом акустической эмиссии, могут быть следующие:

a) повышение со временем активности источников акустической эмиссии;

b) значения акустико-эмиссионных характеристик в установившемся режиме работы машины;

c) появление в сигнале акустической эмиссии характерных особенностей, отсутствующих в случае хорошего технического состояния машины;

d) специальные инструментальные критерии, определяемые изготовителем средств измерений;

e) наличие амплитудной модуляции сигнала акустической эмиссии с частотой, характерной для данного дефекта.

9 Процедуры

Успешное применение метода акустической эмиссии невозможно без регулярных точных измерений контролируемых параметров. Это требует от персонала разработки, оценки качества и применения документированных процедур испытаний, а также понимания возможных ограничений этих процедур. Требования к компетентности персонала, использующего метод акустической эмиссии, установлены в ИСО 18436-6.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 2041	IDT	ГОСТ Р ИСО 2041—2012 «Вибрация, удар и контроль технического состояния. Термины и определения»
ISO 12716	IDT	ГОСТ Р ИСО 12716—2009 «Контроль неразрушающий. Акустическая эмиссия. Словарь»
ISO 13372	IDT	ГОСТ Р ИСО 13372—2013 «Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения»
ISO 18436-6	IDT	ГОСТ Р ИСО 18436-6—2012 «Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 6. Метод акустической эмиссии»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1] ISO 17359, Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines

[2] EN 13477-1, Non-destructive testing — Acoustic emission — Equipment characterisation — Part 1: Equipment description

[3] EN 13477-2, Non-destructive testing — Acoustic emission — Equipment characterisation — Part 2. Verification of operating characteristic

[4] EN 13554, Non-destructive testing — Acoustic emission — General principles

[5] ASTM E976-05, Standard Guide for Determining the Reproducibility of Acoustic Emission Sensor Response

[6] ASTM E1106-86, Standard Method for Primary Calibration of Acoustic Emission Sensors

[7] DSTU 4227, Guidelines on acoustic-emission diagnostics of critical objects

УДК 534.322.3.08:006.354

ОКС 17.140.20
17.160

Ключевые слова: машины, акустическая эмиссия, источники, преобразователь, средства измерений, контроль состояния

Редактор *Л.Б. Базякина*
Технический редактор *В.Ю. Фотиева*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 23.10.2015. Подписано в печать 15.02.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,05. Тираж 30 экз. Зак. 480.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru