ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 18436-2— 2005

Контроль состояния и диагностика машин

ТРЕБОВАНИЯ К ОБУЧЕНИЮ И СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Часть 2

Вибрационный контроль состояния и диагностика

ISO 18436-2:2003
Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for training and certification of personnel — Part 2: Vibration condition monitoring and diagnostics
(IDT)

Издание официальное

БЗ 3—2005/22

Москва
Стандартинформ
2005

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Задачи, основные принципы и правила проведения работ по государственной стандартизации в Российской Федерации установлены ГОСТ Р 1.0—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения» и ГОСТ Р 1.2—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов»

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 Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 «Вибрация и удар»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2005 г. № 140-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 18436-2:2003 «Контроль состояния и диагностика машин — Требования к обучению и сертификации персонала — Часть 2: Вибрационный контроль состояния и диагностика» (ISO 18436-2 : 2003 «Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for training and certification of personnel — Rart 2: Vibration condition monitoring and diagnostics»)

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении С

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартинформ, 2005

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 2
4 Классификация персонала в области вибрационного контроля состояния и диагностики машин 2
5 Допуск к процедуре сертификации 4
6 Квалификационные экзамены 5
Приложение А (обязательное) Содержание учебного курса для персонала в области вибрационного контроля состояния и диагностики машин 6
Приложение В (обязательное) Международные стандарты в области вибрационного контроля состояния и диагностики машин 10
Приложение С (справочное) Сведения о соответствии национальных и межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам 12
Библиография 14

Введение

Анализ вибрации, при котором результаты измерений используют для оценки состояния и диагностирования повреждений машины, становится одним из важнейших элементов программ упреждающего технического обслуживания в большинстве отраслей промышленности. Этот анализ может быть дополнен другими методами исследования, не нарушающими целостность машины, такими как инфракрасная термография, метод акустической эмиссии, анализ смазки, анализ параметров тока двигателя. Аккуратное и последовательное применение вышеперечисленных методов позволяет в значительной степени окупить затраты на их введение. Однако эффективность выполнения программ технического обслуживания в значительной степени зависит от квалификации персонала, выполняющего сбор и анализ данных.

Настоящий стандарт устанавливает требования, в соответствии с которыми проводят сертификацию персонала, выполняющего безразборный контроль состояния и диагностирование машин на основе результатов измерений вибрации, а также сами процедуры сертификации. Оценку соответствия в целях сертификации персонала осуществляют органы по сертификации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Контроль состояния и диагностика машин

ТРЕБОВАНИЯ К ОБУЧЕНИЮ И СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Часть 2

Вибрационный контроль состояния и диагностика

Condition monitoring and diagnostics of machines. Requirements for training and certification of personnel. Part 2. Vibration condition monitoring and diagnostics

Дата введения — 2006—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к персоналу, выполняющему контроль состояния и диагностирование машин по результатам измерений вибрации. Сертификация на соответствие требованиям настоящего стандарта обеспечивает признание квалификации и компетентности лиц, проводящих измерение и анализ вибрации.

Стандарт устанавливает четыре категории сертификации, при этом каждой категории соответствует свой уровень знаний.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ИСО 1925:2001 Вибрация. Балансировка. Термины и определения

ИСО 1940-1:2003 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Установление значения допустимого остаточного дисбаланса и его подтверждение

ИСО 1940-2:1997 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 2. Погрешности балансировки

ИСО 2017-1:2004 Вибрация и удар. Изоляторы. Часть 1. Применение систем изоляции источника и приемника вибрации

ИСО 2041:1990 Вибрация и удар. Термины и определения

ИСО 2954:1975 Вибрация машин вращательного и возвратно-поступательного действия. Требования к средствам измерения для контроля вибрационного состояния машин

ИСО 5348:1998 Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров

ИСО 7919-1:1996 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 1. Общее руководство

ИСО 7919-2:2001 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Оценка вибрационного состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах. Часть 2. Стационарные паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и номинальной скоростью 1500, 1800, 3000 и 3600 об/мин

ИСО 7919-3:1996 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 3. Машинные комплексы

ИСО 7919-4:1996 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 4. Газотурбинные установки

ИСО 7919-5:2004 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Оценка вибрационного состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах. Часть 5. Агрегаты гидроэлектростанций и насосных станций

Издание официальное

ИСО 8528-9:1995 Генераторы переменного тока с приводом от двигателей внутреннего сгорания. Часть 9. Измерения и оценка вибрации

ИСО 8569:1996 Вибрация и удар. Измерение и оценка воздействия вибрации здания на находящееся в нем оборудование

ИСО 10816-1:1995 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общее руководство

ИСО 10816-2:2001 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 2. Стационарные паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и номинальной скоростью вращения 1500, 1800, 3000 и 3600 об/мин

ИСО 10816-3:1998 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

ИСО 10816-4:1998 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 4. Установки с приводом от газовых турбин (за исключением авиационных)

ИСО 10816-5:2000 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 5. Агрегаты гидроэлектростанций и насосных станций

ИСО 10816-6:1995 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 6. Машины возвратно-поступательного действия номинальной мощностью свыше 100 кВт

ИСО 11342:1998 Вибрация. Методы и критерии балансировки гибких роторов

ИСО 13372:2004 Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения

ИСО 13373-1:2002 Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния. Часть 1. Общие методы контроля

ИСО 13379:2003 Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство по интерпретации результатов измерений и методам диагностики

ИСО 14694:2003 Вентиляторы промышленные. Требования к качеству балансировки и уровням вибрации

ИСО 14695:2003 Вентиляторы промышленные. Методы измерений вибрации

ИСО 17359:2003 Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство

ИСО 18436-1:2004 Контроль состояния и диагностика машин. Требования к обучению и сертификации персонала. Часть 1. Требования к органам по сертификации и процедурам сертификации

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 2041, ИСО 13372, ИСО 18436-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **анализ** (analysis): Процедура оценки состояния машины и ее повреждений на основе методов обработки сигнала и знаний принципов работы машин данного вида.

3.2 **маршрут** (route): Упорядоченные точки измерения вибрации машины.

3.3 **обучаемый** (trainee): Лицо, проходящее обучение в целях последующей сертификации.

3.4 **вибрационная диагностика** (vibration diagnostics): Интерпретация результатов измерений вибрации в целях определения повреждений машины.

3.5 **вибрационный контроль состояния** (vibration monitoring): Процедура измерений вибрации, отслеживания ее изменений и их интерпретация.

4 Классификация персонала в области вибрационного контроля состояния и диагностики машин

4.1 Общие положения

Кандидат может претендовать на сертификацию по одной из категорий, установленных в настоящем стандарте, в зависимости от его квалификации. Им должна быть продемонстрирована компетентность в вопросах вибрационного контроля состояния машин и диагностики в пределах соответствующей классификационной категории, как указано в приложении А, и в соответствии со стандартами, перечисленными в приложении В.

4.2 Категория I

Лицо, удовлетворяющее требованиям Категории I, должно уметь выполнять простейший

одноканальный контроль состояния машин и их диагностику в соответствии с ИСО 17359 и ИСО 13373-1. На него не может быть возложена ответственность, например, за выбор датчиков или метод анализа, а также за оценку результатов испытаний, за исключением определения состояния, когда измеренное значение превышает предварительно установленные пределы. Это лицо должно уметь:

a) работать с переносной аппаратурой по установленному и запрограммированному маршруту;

b) собирать данные со стационарно установленных средств измерений;

c) вводить результаты в базу данных и загружать программу прохождения маршрута с компьютера;

d) проводить испытания в установившемся режиме работы машины согласно описанной процедуре;

e) распознавать отсутствие сигнала в цепи измерения;

f) сравнивать общий уровень вибрации или один из ее параметров с предварительно установленными значениями для предупреждения предаварийной ситуации.

4.3 Категория II

Лицо, сертифицированное по Категории II, является квалифицированным специалистом, который должен уметь выполнять измерения вибрации машин и базовые процедуры анализа результатов одноканальных измерений (с использованием или без использования датчика фазы). От него требуется владение знаниями и навыками, которыми обладает специалист Категории I, и, кроме того, это лицо должно уметь:

a) выбирать соответствующий метод измерений вибрации машины;

b) устанавливать требуемые разрешения по амплитуде, времени и частоте измерительной аппаратуры;

c) выполнять базовый анализ вибрации машины и ее частей (валов, подшипников, зубчатых передач, вентиляторов, насосов, двигателей) по измеренному спектру вибрации;

d) вести базу данных результатов измерений с отслеживанием их изменений;

e) выполнять простые испытания на удар для определения собственных частот (с использованием одноканальной измерительной системы);

f) классифицировать, интерпретировать и давать оценку результатам испытаний (включая приемочные испытания) на соответствие требованиям технических условий и стандартов;

g) давать рекомендации относительно небольших корректирующих действий;

h) понимать принципы одноплоскостной балансировки на месте установки машины;

i) понимать причины и последствия неправильных измерений.

4.4 Категория III

Лицо, сертифицированное по Категории III, обладает достаточной квалификацией, чтобы составлять и реализовывать (в качестве руководителя или исполнителя) программы вибрационного контроля состояния и диагностики машин в соответствии с ИСО 17359 и ИСО 13373-1. От него требуется владение знаниями и навыками, которыми обладают специалисты Категорий I и II, и, кроме того, это лицо должно уметь:

a) выбирать соответствующий метод анализа вибрации машины;

b) определять требуемое аппаратурное и программное обеспечение системы измерения вибрации — как стационарной, так и переносной;

c) выполнять измерения и проводить диагностирование на основе спектрального анализа или представления данных во временно́й области (по форме сигнала или орбите движения заданной точки машины) как в установившемся, так и в переходном режимах работы машины с использованием и без использования сигнала с датчика фазы;

d) составлять программы вибрационного контроля, включая определение режима контроля для данной машины (периодический и непрерывный), частоту проведения испытаний, планы маршрутов;

e) устанавливать правила определения допустимых уровней вибрации и приемочные критерии для машин, вводимых в эксплуатацию;

f) проводить измерения и анализ основных форм изгибных колебаний;

g) применять альтернативные методы контроля состояния (например, метод акустической эмиссии, термографию, анализ параметров токов двигателя или анализ смазки);

h) устанавливать рекомендации по проведению корректирующих действий на месте установки машины (балансировка, центровка, замена отдельных деталей машины);

i) проводить анализ огибающей сигнала;

j) выполнять одноплоскостную балансировку на месте установки машины;

k) составлять отчеты для руководства с определением целей выполнения программы контроля и диагностирования, распределением средств, обоснованием цен и указаниями по использованию персонала;

l) составлять отчеты для персонала, обслуживающего машину, с указанием необходимых корректирующих действий, а также отчеты о результатах проведенных ремонтных работ;

m) составлять инструкции и технические указания для обучения персонала, чья работа связана с измерением и анализом вибрации.

4.5 Категория IV

Лицо, сертифицированное по Категории IV, обладает достаточной квалификацией, чтобы составлять и реализовывать (в качестве руководителя или исполнителя) программы вибрационного контроля состояния и диагностики машин в соответствии с ИСО 17359 и ИСО 13373-1, а также выполнять вибрационные измерения всех типов и анализ их результатов. От него требуется владение знаниями и навыками, которыми обладают специалисты Категорий I, II и III, и, кроме того, это лицо должно уметь:

a) применять теорию и методы вибрационных измерений и анализа, включая многоканальные измерения, вычисления взаимных спектров, передаточных функций, функций когерентности, фазовых соотношений;

b) применять методы анализа сигнала, связанные с пониманием процессов его изменений в частотной и временно́й областях (включая анализ орбит), с учетом ограничений на эти методы;

c) определять собственные частоты, формы изгибных колебаний и коэффициенты демпфирования систем и подсистем;

d) определять формы изгибных колебаний машин, проявляющихся в процессе ее работы, и присоединенных конструкций и давать рекомендации по их коррекции;

e) использовать общепризнанные современные методы вибрационного анализа, идентификации параметров и обнаружения неисправностей;

f) применять основы знаний о динамике системы «ротор — подшипники» в целях диагностики;

g) проводить двухплоскостную балансировку на месте установки машины;

h) устанавливать рекомендации по проведению двухплоскостной балансировки с использованием коэффициентов влияния или статической балансировки;

i) давать рекомендации по проведению корректирующих действий или внесению изменений в конструкцию машины, включая замену отдельных частей или их ремонт, установку виброизоляции, увеличение демпфирования, изменение жесткости или распределения масс;

j) составлять техническое руководство по обучению персонала, чья работа связана с измерением и анализом вибрации;

k) применять стандарты и технические условия;

l) различать вибрацию, обусловленную пульсацией газа (например, в машинах возвратно-поступательного действия или винтовых компрессорах), измерять параметры, связанные с пульсацией, и определять меры по ее уменьшению;

m) устанавливать рекомендации по внесению изменений в опорную систему машины и решать другие проблемы, связанные с опорой и фундаментом.

5 Допуск к процедуре сертификации

5.1 Общие положения

Кандидат должен обладать соответствующим образованием, опытом работы и пройти курс обучения для подтверждения способности понимать и использовать основные принципы и методы измерения и анализа вибрации машин. Кроме того, кандидат должен подтвердить готовность строго соблюдать нормы этики, установленные ИСО 18436-1.

5.2 Образование

Рекомендуется, чтобы кандидат, претендующий на присвоение Категории I или II, имел, по крайней мере, свидетельство о законченном среднем образовании. Для сертификации по Категории III или IV кандидату необходимо уметь решать простые алгебраические уравнения, работать с калькулятором с математическими функциями (тригонометрическими, логарифмическими) и быть знакомым с принципами работы на персональном компьютере. При этом рекомендуется, чтобы кандидат, претендующий на сертификацию по Категории III или IV, закончил, по крайней мере, первые два курса высшего учебного заведения технического профиля или университета.

5.3 Обучение

5.3.1 Основной курс

Для допуска к процедуре сертификации в соответствии с настоящим стандартом кандидат должен предъявить свидетельство об успешном прохождении учебного курса (см. приложение А), одобренного органом по сертификации. Рекомендуемые минимальные сроки обучения приведены в таблице 1. Учебные курсы проводят в форме лекций, демонстраций и практических занятий. Рекомендуемая учебная литература [1] —[20] приведена в библиографии[1)]. Рекомендуется, чтобы после завершения обучения кандидаты сдавали экзамены, подтверждающие усвоение пройденного курса. Кандидату рекомендуется представить в орган по сертификации доказательства того, что:

a) им успешно пройден курс обучения;

b) время обучения по каждой теме соответствует установленному в приложении А и по категории, на присвоение которой претендует кандидат (или продемонстрировать дневник самообразования, в котором показано, что темы и часы на их изучение соответствуют требованиям таблицы 1 и приложения А);

c) им сданы экзамены в конце курса обучения, проводимого юридическим лицом, одобренным органом по сертификации.

Таблица 1 — Минимальная длительность обучения (учебные часы)

Категория I	Категория II	Категория III	Категория IV
32	70	110	174

5.3.2 Дополнительный курс по машинному оборудованию

Помимо основного курса (таблица 1 и приложение А) рекомендуется, чтобы кандидат прошел обучение по курсу «Машины и элементы машин», время обучения по которому составляло, по крайней мере, половину времени, указанного в таблице 1.

5.4 Опыт работы

Для получения допуска к процедуре сертификации в соответствии с настоящим стандартом кандидату следует продемонстрировать, что он имеет достаточный опыт работы в области контроля состояния машин и диагностики. Минимальные требования к опыту работы показаны в таблице 2. Для сертификации по Категории II кандидату необязательно предварительно быть сертифицированным по Категории I, однако при сертификации по Категории III или IV кандидат должен иметь сертификат Категории II или III соответственно. С повышением уровня классификационной категории широта и глубина практического опыта кандидата должны возрастать.

Таблица 2 — Рекомендуемый минимум практического опыта работы кандидата (месяцы)

Категория I	Категория II	Категория III	Категория IV
6	18	36	60

6 Квалификационные экзамены

6.1 Содержание экзамена

Сдавая экзамены по каждой категории, кандидат отвечает на ряд вопросов, утвержденных органом по сертификации, в течение заданного периода времени, как показано в таблице 3. Вопросы должны отвечать темам, указанным в приложении А, и быть выбраны из общей базы данных, действующей на время проведения экзамена. Вопросы должны быть практического характера даже в том случае, когда они направлены на проверку знания кандидатом общих представлений и основ проведения анализа вибрации машин. Некоторые вопросы могут требовать истолкования графиков и диаграмм. В ходе экзамена кандидат должен продемонстрировать умение вести простые математические расчеты с использованием калькулятора с математическими функциями. Вместе с экзаменационными вопросами кандидату предоставляют сводку основных формул. Составление (утверждение) экзаменационных вопросов является обязанностью технического комитета органа по сертификации.

[1)] Для удобства пользователей библиография дополнена учебной литературой отечественных авторов [21]—[28].

6.2 Переэкзаменовка

Кандидат, чей результат оказался ниже проходного балла, может держать экзамены повторно неограниченное число раз при условии, что интервал между экзаменами составляет не менее 30 дней. Орган по сертификации может сократить период между экзаменами, если за это время кандидат пройдет дополнительное обучение, признанное органом по сертификации достаточным. Кандидат, отстраненный от участия в экзамене по причине неэтичного поведения, может подать заявку на повторное участие в экзаменах не ранее чем через 12 мес.

Таблица 3 — Примерные условия экзаменов

Категория	Число вопросов	Время, ч	Проходной балл (доля правильных ответов), %
Категория I	50	2	75
Категория II	100	3	75
Категория III	100	4	75
Категория IV	60	5	75

Приложение А
(обязательное)

Содержание учебного курса для персонала в области вибрационного контроля состояния и диагностики машин[1)]

Таблица А.1 — Сводная таблица учебных тем

Тема	Учебные часы			
	Категория			
	I	II	III	IV
1 Основы вибрации	6	4	2	4
2 Сбор данных	8	4	2	2
3 Обработка сигналов	2	4	3	8
4 Контроль состояния	2	4	3	1
5 Анализ неисправностей	2	4	8	6
6 Корректирующие действия	2	4	6	16
7 Машинное оборудование	8	4	4	—
8 Приемочные испытания	2	2	2	—
9 Испытания оборудования и диагностика	—	2	3	4
10 Ссылочные стандарты	—	2	2	2
11 Составление отчетов и документация	—	2	2	4
12 Определение степени развития повреждения	—	2	3	3
13 Динамика системы «ротор — подшипники»	—	—	—	14
Общее число часов обучения для данной категории	32	38	40	64

[1)] Учебные центры имеют право расширить программу обучения.

Таблица А.2 — Содержание учебных тем и часы обучения

Тема	Учебные часы			
	Категория			
	I	II	III	IV
1 Основы вибрации	6	4	2	4
Виды вибрации	*	*	*	
Период и частота колебаний	*	*	*	
Энергетические параметры: пиковое значение, размах, среднеквадратичное значение	*	*	*	
Измеряемые величины: перемещение, скорость, ускорение	*	*	*	
Единицы измерений и соотношения между ними	*	*	*	
Представление вибрации в частотной и временной областях	*	*	*	
Векторы, модуляция			*	*
Фаза колебания		*	*	*
Собственная частота, резонанс, критические скорости	*	*	*	*
Сила, отклик, демпфирование, жесткость			*	*
Неустойчивость, нелинейность				*
2 Сбор данных	8	4	2	2
Средства измерений	*	*	*	*
Динамический диапазон, отношение сигнал/шум			*	*
Датчики	*	*	*	
Крепление датчиков, собственная частота установленного датчика	*	*	*	
Максимальная частота сигнала, период выборки		*	*	
Бесконтактные датчики		*	*	
Синхронизация		*	*	
Планирование испытаний		*	*	*
Методы испытаний	*	*	*	*
Форматы представления данных		*	*	
Загрузка/выгрузка данных в базу данных на компьютере	*			
Признаки неправильно проведенных измерений	*	*	*	
3 Обработка сигналов	2	4	3	8
Выделение среднеквадратичного/пикового значения				*
Аналого-цифровое преобразование				*
Аналоговая выборка, цифровая выборка		*	*	*
Вычисление БПФ			*	*
Реализация БПФ	*	*		
Временные окна: прямоугольное, хэннинг, плосковершинное		*	*	
Фильтры: низких частот, высоких частот, полосовые, следящие		*	*	*
Защита от наложения спектров		*	*	*
Ширина полосы, разрешение		*	*	*
Подавление шума				*
Усреднение: линейное, синхронное, экспоненциальное		*	*	*
Динамический диапазон		*	*	*
Отношение сигнал/шум				*
Спектральные карты			*	*

Продолжение таблицы А.2

Тема	Учебные часы			
	Категория			
	I	II	III	IV
4 Контроль состояния	2	4	3	1
Создание и ведение компьютерной базы данных			*	
Выбор объектов контроля		*		
Составление программы контроля		*	*	*
Установка уровня предупреждения: в узкой полосе частот, для огибающей сигнала			*	
Установка базовой линии, отслеживание изменений		*	*	
Составление маршрута		*	*	
Альтернативные методы анализа: анализ масла, инфракрасная термография, контроль параметров тока электродвигателя, метод акустической эмиссии			*	*
Выявление неисправного состояния	*	*		
5 Анализ неисправностей	2	4	8	6
Спектральный анализ, гармоники, боковые полосы		*	*	*
Анализ временно́й формы сигнала			*	*
Анализ фазы			*	*
Анализ переходных процессов			*	*
Анализ траекторий движения точки			*	*
Анализ изменения положения оси вала			*	*
Анализ огибающей			*	*
Дисбаланс		*	*	
Дефекты сопряжений		*	*	
Ослабление соединений		*	*	
Трущиеся части, потеря устойчивости			*	*
Дефекты подшипников: элементы качения, цапфы		*	*	
Дефекты электрических машин		*	*	*
Вибрация, вызванная потоком жидкости или газа			*	*
Анализ дефектов зубчатых передач		*	*	
Резонанс и критические скорости		*	*	*
Турбомашины			*	*
Распознавание основных неисправностей	*			
6 Корректирующие действия	2	4	6	16
Центровка валов		*	*	
Балансировка на месте		*	*	*
Замена деталей машин			*	
Изменение условий потока			*	*
Изоляция и демпфирование			*	*
Отстройка от резонансов			*	*
Основные мероприятия по техническому обслуживанию	*	*	*	

Продолжение таблицы А.2

Тема	Учебные часы			
	Категория			
	I	II	III	IV
7 Машинное оборудование	8	4	4	—
Электродвигатели, генераторы и приводы	*	*	*	
Насосы, вентиляторы	*	*	*	
Паровые и газовые турбины		*	*	
Компрессоры	*	*	*	
Машины возвратно-поступательного действия		*	*	
Прокатные станы, бумагоделательные машины, другое технологическое оборудование	*	*	*	
Станки	*	*	*	
Сооружения, трубопроводы	*	*	*	
Коробки передач	*	*	*	
Подшипники с элементами качения		*	*	
Подшипники скольжения		*	*	
Зубчатые передачи		*	*	
Муфты, ремни		*	*	
8 Приемочные испытания	2	2	2	—
Метод испытаний	*	*		
Технические условия и стандарты		*	*	
Составление отчетов		*	*	
9 Испытания оборудования и диагностика	—	2	3	4
Испытания на удар		*	*	*
Испытания с воспроизведением вынужденных колебаний		*	*	*
Анализ переходных процессов			*	*
Передаточные функции				*
Оценка демпфирования				*
Соотношения фаз, когерентность				*
Формы изгибных колебаний			*	*
Модальный анализ				*
Крутильные колебания				*
10 Ссылочные стандарты	—	2	2	2
ИСО		*	*	*
МЭК		*	*	*
Национальные стандарты		*	*	*
11 Составление отчетов и документация	—	2	2	4
Отчет по результатам контроля состояния		*	*	
Отчет по результатам диагностирования		*	*	*

Окончание таблицы А.2

Тема	Учебные часы			
	Категория			
	I	II	III	IV
12 Определение степени развития повреждения	—	2	3	3
Спектральный анализ		*	*	*
Анализ временно́й формы сигнала, анализ орбит			*	*
Уровни вибрации: общий, узкополосный, гармонических составляющих		*	*	
Диаграммы границ состояний, графики и формулы		*	*	*
13 Динамика системы «ротор — подшипники»	—	—	—	14
Характеристики ротора				*
Характеристики подшипников				*
Балансировка ротора				*

Примечания

1 Значок * указывает, что данный вопрос должен быть рассмотрен в рамках выделенного учебного времени.

2 Категория II включает в себя знания Категории I, Категория III включает в себя знания Категорий I и II, Категория IV включает в себя знания всех низших категорий.

3 Если значки * указаны для нескольких категорий одного вопроса, это означает, что для категории более высокого уровня знания, полученные на предшествующем уровне, должны быть углублены.

Приложение В
(обязательное)

Международные стандарты в области вибрационного контроля состояния и диагностики машин

Стандарты ИСО	Категория			
	I	II	III	IV
ИСО 1925 Вибрация. Балансировка. Термины и определения		•	•	•
ИСО 1940-1 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Установление значения допустимого остаточного дисбаланса и его подтверждение		•	•	•
ИСО 1940-2 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 2. Погрешности балансировки			•	•
ИСО 2017-1 Вибрация и удар. Изоляторы. Часть 1. Применение систем изоляции источника и приемника вибрации				•
ИСО 2041 Вибрация и удар. Термины и определения		•	•	•
ИСО 2954 Вибрация машин вращательного и возвратно-поступательного действия. Требования к средствам измерения для контроля вибрационного состояния машин				•
ИСО 5348 Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров		•	•	•
ИСО 7919-1 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 1. Общее руководство	•	•	•	•

Стандарты ИСО	Категория			
	I	II	III	IV
ИСО 7919-2 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Оценка вибрационного состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах. Часть 2. Стационарные паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и номинальной скоростью вращения 1500, 1800, 3000 и 3600 об/мин		•	•	•
ИСО 7919-3 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 3. Машинные комплексы		•	•	•
ИСО 7919-4 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Измерения на вращающихся валах и критерии оценки состояния. Часть 4. Газотурбинные установки		•	•	•
ИСО 7919-5 Вибрация машин без возвратно-поступательного движения. Оценка вибрационного состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах. Часть 5. Агрегаты гидроэлектростанций и насосных станций		•	•	•
ИСО 8528-9 Генераторы переменного тока с приводом от двигателей внутреннего сгорания. Часть 9. Измерения и оценка вибрации		•	•	•
ИСО 8569 Вибрация и удар. Измерение и оценка воздействия вибрации здания на находящееся в нем оборудование			•	•
ИСО 10816-1 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общее руководство	•	•	•	•
ИСО 10816-2 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 2. Стационарные паровые турбины и генераторы мощностью свыше 50 МВт и номинальной скоростью вращения 1500, 1800, 3000 и 3600 об/мин		•	•	•
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		•	•	•
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)		•	•	•
ИСО 10816-5 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 5. Агрегаты гидроэлектростанций и насосных станций		•	•	•
ИСО 10816-6 Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 6. Машины возвратно-поступательного действия номинальной мощностью свыше 100 кВт		•	•	•
ИСО 11342 Вибрация. Методы и критерии балансировки гибких роторов				•
ИСО 13372 Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения	•	•	•	•
ИСО 13373-1 Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния. Часть 1. Общие методы контроля	•	•	•	•
ИСО 13379 Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство по интерпретации результатов измерений и методам диагностики			•	•
ИСО 14694 Вентиляторы промышленные. Требования к качеству балансировки и уровням вибрации	•	•	•	•
ИСО 14695 Вентиляторы промышленные. Методы измерений вибрации			•	•
ИСО 17359 Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство	•	•	•	•
ИСО 18436-1 Контроль состояния и диагностика машин. Требования к обучению и сертификации персонала. Часть 1. Требования к органам по сертификации и процедурам сертификации				•
Примечание — Значок • указывает, что данный международный стандарт следует использовать при подготовке специалиста данной категории.				

Приложение С
(справочное)

Сведения о соответствии национальных и межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица С.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального или межгосударственного стандарта
ИСО 1925:2001	ГОСТ 19534—74* Балансировка вращающихся тел. Термины
ИСО 1940-1:2003	ГОСТ 22061—76* Машины и технологическое оборудование. Система классов точности балансировки. Основные положения
ИСО 1940-2:1997	ГОСТ ИСО 1940-2—99 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 2. Учет погрешностей оценки остаточного дисбаланса
ИСО 2017-1:2004	ГОСТ 28362—89 (ИСО 2017—82)* Вибрация и удар. Виброизолирующие устройства. Информация, представляемая заказчиками и изготовителями
ИСО 2041:1990	ГОСТ 24346—80* Вибрация. Термины и определения
ИСО 2954:1975	ГОСТ ИСО 2954—97 Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерений
ИСО 5348:1998	ГОСТ ИСО 5348—2002** Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров
ИСО 7919-1:1996	ГОСТ ИСО 7919-1—2002** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования
ИСО 7919-2:2001	ГОСТ 27165—97* Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации валопроводов и общие требования к проведению измерений
ИСО 7919-3:1996	ГОСТ ИСО 7919-3—2002** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Промышленные машинные комплексы
ИСО 7919-4:1996	ГОСТ ИСО 7919-4—2002** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Часть 4. Газотурбинные агрегаты
ИСО 7919-5:2004	***
ИСО 8528-9:1995	***
ИСО 8569:1996	***
ИСО 10816-1:1995	ГОСТ ИСО 10816-1—97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования
ИСО 10816-2:2001	ГОСТ 25364—97* Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений
ИСО 10816-3:1998	ГОСТ ИСО 10816-3—2002** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3. Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 об/мин

Окончание таблицы С.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального или межгосударственного стандарта
ИСО 10816-4:1998	ГОСТ ИСО 10816-4—2002** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 4. Газотурбинные установки
ИСО 10816-5:2000	***
ИСО 10816-6:1995	***
ИСО 11342:1998	ГОСТ ИСО 11342—95* Вибрация. Методы и критерии балансировки гибких роторов
ИСО 13372:2004	***
ИСО 13373-1:2002	***
ИСО 13379:2003	***
ИСО 14694:2003	***
ИСО 14695:2003	***
ИСО 17359:2003	***
ИСО 18436-1:2004	ГОСТ Р ИСО 18436-1—2005 Контроль состояния и диагностика машин. Требования к обучению и сертификации персонала. Часть 1. Требования к органам по сертификации и процедурам сертификации
ИСО 4867:1984	***
ИСО 7626-1:1986	ГОСТ ИСО 7626-1—94 Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Основные положения
ИСО 7626-2:1990	ГОСТ ИСО 7626-2—94 Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Измерения, использующие одноточечное поступательное возбуждение присоединенным вибровозбудителем
ИСО 7626-5:1994	ГОСТ ИСО 7626-5—99 Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Часть 5. Измерения, использующие ударное возбуждение возбудителем, не прикрепляемым к конструкции
ИСО 8579-2:1993	ГОСТ ИСО 8579-2—2002** Вибрация. Контроль вибрационного состояния зубчатых механизмов при приемке
ИСО 8821:1989	***
ИСО 10814:1996	ГОСТ 31186—2002 (ИСО 10814:1996)** Вибрация. Подверженность и чувствительность машин к дисбалансу
ИСО 10817-1:1998	ГОСТ ИСО 10817-1—2002** Вибрация. Системы измерений вибрации вращающихся валов. Часть 1. Устройства для снятия сигналов относительной и абсолютной вибрации

* Соответствующий межгосударственный стандарт является неэквивалентным по отношению к его международному аналогу, поэтому рекомендуется вместе с межгосударственным стандартом использовать перевод соответствующего международного стандарта на русский язык.

** На территории Российской Федерации действуют ГОСТ Р ИСО 5348—99, ГОСТ Р ИСО 7919-1—99, ГОСТ Р ИСО 7919-3—99, ГОСТ Р ИСО 7919-4—99, ГОСТ Р ИСО 10816-3—99, ГОСТ Р ИСО 10816-4—99, ГОСТ Р ИСО 8579-2—99, ГОСТ Р 51498—99 (ИСО 10814—96), ГОСТ Р ИСО 10817-1—99 соответственно.

*** Соответствующий национальный или межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод данного международного стандарта на русский язык.

Библиография

[1] ИСО 4867:1984 (ISO 4867:1984) Требования к проведению измерений вибрации на судах и представлению результатов измерений (Code for the measurement and reporting of shipboard vibration data)

[2] ИСО 7626-1:1986 (ISO 7626-1:1986) Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Часть 1. Основные определения и преобразователи (Vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 1: Basic definitions and transducers)

[3] ИСО 7626-2:1990 (ISO 7626-2:1990) Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Часть 2. Измерения, использующие одноточечное поступательное возбуждение присоединенным вибровозбудителем (Vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 2: Measurements using single-point translation excitation with an attached vibration exciter)

[4] ИСО 7626-5:1994 (ISO 7626-5:1994) Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Часть 5 Измерения, использующие ударное возбуждение возбудителем, не присоединяемым к конструкции (Vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 5: Measurements using impact excitation with an exciter which is not attached to the structure)

[5] ИСО 8579-2:1993 (ISO 8579-2:1993) Требования к испытаниям зубчатых механизмов при приемке. Часть 2. Определение вибрации зубчатых механизмов в процессе приемочных испытаний (Acceptance code for gears — Part 2: Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing)

[6] ИСО 8821:1989 (ISO 8821:1989) Вибрация. Балансировка. Соглашение об учете влияния шпонки и шпоночной канавки (Mechanical vibration — Balancing — Shaft and fitment key convention)

[7] ИСО 10814:1996 (ISO 10814:1996) Вибрация. Подверженность и чувствительность машин к дисбалансу (Mechanical vibration — Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance)

[8] ИСО 10817-1:1998 (ISO 10817-1:1998) Системы измерения вибрации вращающихся валов. Часть 1. Устройства для снятия сигналов относительной и абсолютной вибрации в радиальном направлении (Rotating shaft vibration measuring systems — Rart 1: Relative and absolute sensing of radial vibration)

[9] Crawford, A.R. The Simplified Handbook of Vibration Analysis. Vols. I fnd II, CSI, 1992

[10] Ehrich, F.F. Handbook of Rotor Dynamics. Kreiger, 1998

[11] Eisenmann, Sr., R.C. Machinery Malfunction Diagnosis and Correction. Prentice Hall, 1992

[12] Eshleman, R.L Basic Machinery Vibration Analysis. VI Press, Clarendon Hills, IL, 1999

[13] Ewins, D.J. Modal Testing — Theory and Rractice. McGraw Hill, 1992

[14] Harris, C.M. Shock and Vibration Handbook. McGraw Hill, 1988

[15] McConnell, K.G. Vibration Testing — Theory and Practice. John Wiley, NY, 1995

[16] Mitchell, J.S. An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring. PennWell, 1993

[17] Piotrowski, J. Shaft Alignment Handbook. Marcel Dekker, 1986

[18] Taylor, J.I. The Gear Analysis Handbook. VCI, 2000

[19] Taylor, J.I. The Vibration Analysis Handbook. VCI, 1994

[20] Wowk, V. Machinery Vibration Measurement and Analysis. McGraw Hill, 1991

[21] Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т./Под общ. ред. В.В. Клюева/Т.7. Книга 2. Вибродиагностика. — М.: Машиностроение, 2005

[22] Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. — СПб.: Изд. центр СПбТМТУ, 2000. — 169 с.

[23] Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. — М.: Машиностроение, 2000.—344 с.

[24] Барков А.В., Баркова Н.А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации: Учеб. пособие. — СПб: СПбТМТУ, 2004. — 156 с.

[25] Карасев В.А., Ройтман А.Б. Доводка эксплуатируемых машин. Вибродиагностические методы. — М.: Машиностроение. 1986. — 192 с.

[26] Русов В.А. Спектральная вибродиагностика: Методическое пособие. — Пермь, 1996. — 174 с.

[27] Костюков В.Н., Науменко А.П. Практические основы виброакустической диагностики машинного оборудования: Учеб. пособие/ Под ред. В.Н. Костюкова. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002. — 108 с.

[28] Вибродиагностика/ Под ред. Г.Ш. Розенберга. — СПб: ПЭИПК, 2003 — 284 с.

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 03.100.30
17.160 Т58

Ключевые слова: персонал, сертификация, обучение, экзамены, вибрационный контроль состояния, вибрационная диагностика, машины, квалификационные категории

Редактор *Т.С. Шеко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.Е. Нестерова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 10.06.2005.Подписано в печать 13.07.2005. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ.л. 2,32. Уч.-изд.л. 1,85. Тираж 300 экз. Зак. 444. С 1507.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., д. 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru