ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56665— 2015

Контроль неразрушающий

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МАТЕРИАЛЕ ОБОДЬЕВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

Общие требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») Нижегородским государственным техническим университетом им. Р.Е. Алексеева (НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 132 «Техническая диагностика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 октября 2015 г. № 1616-ст

4 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 (www.gost.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

Введение

Ободья железнодорожных колес относятся к наиболее ответственным элементам подвижного состава, лимитирующим его надежность и безопасность эксплуатации.

Важнейший вклад в техническое состояние ободьев наряду с качеством материала, связанным с особенностями структуры, механической и термообработкой, вносят остаточные напряжения, которые формируются при изготовлении и перераспределяются вследствие значительных ударных и циклических нагрузок.

Знание уровня остаточных напряжений в ободьях колес на любой стадии эксплуатации вагона позволит заметно повысить точность определения его технического состояния и предупредить возможные аварии вследствие усталостных разрушений колес.

В настоящее время к наиболее перспективным неразрушающим методам определения механических напряжений относится метод акустоупругости [1], [2].

Рядом авторов [3], [4] убедительно показана возможность экспериментального определения уровня остаточных напряжений в ободьях этим методом.

Имеющиеся нормативные документы — ГОСТ Р 54093, [5], [6] — предусматривают ультразвуковой контроль остаточных напряжений в ободьях железнодорожных колес, однако сама процедура такого контроля представлена в них очень неполно.

Настоящий стандарт разработан в целях обеспечения методической основы применения метода акустической тензометрии для контроля остаточных напряжений в ободьях железнодорожных колес как в лабораторных условиях, так и в условиях эксплуатации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Контроль неразрушающий

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МАТЕРИАЛЕ ОБОДЬЕВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

Общие требования

Non-destructive testing. Ultrasonic method for determining the residual stresses in the railway wheel rims.
General requirements

Дата введения — 2016—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на акустический метод определения остаточных напряжений в ободьях железнодорожных цельнокатаных колес по ГОСТ 10791 колесных пар тепловозов, электровозов, дизель-поездов, электропоездов, грузовых и пассажирских вагонов и специального подвижного состава с конструкционной скоростью не более 250 км/ч.

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к порядку определения остаточных напряжений в материале ободьев железнодорожных колес с использованием объемных поперечных волн, распространяющихся нормально к боковой поверхности обода.

Устанавливаемый настоящим стандартом метод может быть применен как при лабораторных исследованиях, так в стендовых и натурных условиях контроля остаточных напряжений в материале ободьев железнодорожных колес.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.32—2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления

ГОСТ 12.1.001—89 Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004—91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.038—82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ 12.2.003—91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.013.3—2002 Машины ручные электрические. Частные требования безопасности и методы испытаний шлифовальных, дисковых шлифовальных и полировальных машин с вращательным движением рабочего инструмента

ГОСТ 12.3.002—75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 1497—84 Металлы. Методы испытания на растяжение

ГОСТ 2768—84 Ацетон технический. Технические условия

ГОСТ 2789—73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 10587—84 [1)] Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия

ГОСТ 10791—2011 Колеса цельнокатаные. Технические условия

ГОСТ 17299—78 Спирт этиловый технический. Технические условия

ГОСТ 28840—90 Машины для механических испытаний материалов

ГОСТ 30489—97 (ЕН 473:1992) Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. Общие требования

[1)] Стандарт действует только на территории Российской Федерации.

ГОСТ Р 8.563—2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 12.1.019—2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ Р 52731—2007 Контроль неразрушающий. Акустический метод контроля механических напряжений. Общие требования.

ГОСТ Р 54093—2010 Колеса железнодорожного подвижного состава. Методы определения остаточных напряжений

ГОСТ Р 55043—2012 Контроль неразрушающий. Определение коэффициентов упруго-акустической связи. Общие требования

ГОСТ Р 55725—2013 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические. Общие технические требования

ГОСТ Р ИСО 5725-2—2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие условные обозначения:

h — ширина обода железнодорожного колеса, мм;

V_t — скорость распространения упругих поперечных волн в материале железнодорожного колеса, м/с;

σ — уровень остаточных напряжений, равный разности окружных и радиальных напряжений, МПа;

$t_c^0(i)$ — задержка второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в окружном направлении в зоне измерений без остаточных напряжений при n^0 повторных измерениях, нс, $i = 1...n^0$;

t_c^0 — среднее значение задержки второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в окружном направлении в зоне измерений без остаточных напряжений, нс;

$t_r^0(i)$ — задержка второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в радиальном направлении в зоне измерений без остаточных напряжений при n^0 повторных измерениях, нс, $i = 1...n^0$;

t_r^0 — среднее значение задержки второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в радиальном направлении в зоне измерений без остаточных напряжений, нс;

$t_c(i)$ — задержка второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в окружном направлении в зоне измерений остаточных напряжений при n повторных измерениях, нс, $i = 1...n$;

t_c — среднее значение задержки второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в окружном направлении в зоне измерений остаточных напряжений, нс;

$t_r(i)$ — задержка второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в радиальном направлении в зоне измерений остаточных напряжений при повторных измерениях, нс, $i = 1...n$;

t_r — среднее значение задержки второго отраженного импульса поперечной волны относительно первого отраженного импульса при поляризации волны в радиальном направлении в зоне измерений остаточных напряжений, нс;

$A^0(i)$ — акустическая анизотропия в зоне измерений без остаточных напряжений при n^0 повторных измерениях, нс, $i = 1...n^0$;

A^0 — среднее значение акустической анизотропии в зоне измерений без остаточных напряжений;

$A(i)$ — акустическая анизотропия в зоне измерений остаточных напряжений при n повторных измерениях, нс, $i = 1...n$;

A — среднее значение акустической анизотропии в зоне измерений остаточных напряжений;

Δt — абсолютная погрешность измерения временных интервалов используемых средств измерений, нс;

δt — предельно допустимая относительная погрешность измерения временных интервалов используемых средств измерений;

δ_A^0 — коэффициент вариации значений $A^0(i)$;

δ_A — коэффициент вариации значений $A(i)$

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ЖК — железнодорожное колесо;
ОЖК — обод железнодорожного колеса;
ОН — остаточные напряжения;
ПЭП — пьезоэлектрический преобразователь;
СИ — средство измерений;
УИ — ультразвуковой импульс;
ЭАП — электроакустический преобразователь.

4 Общие положения

4.1 Измерения ОН в ОЖК выполняют методом акустоупругости в соответствии с общими требованиями ГОСТ Р 52731.

4.2 Метод основан на существующей в области упругих деформаций линейной зависимости скоростей распространения объемных упругих волн в направлении, перпендикулярном к плоскости действия напряжений, от механических напряжений, действующих в окружном и радиальном направлениях.

4.3 Для материала ОЖК напряжения, действующие в осевом направлении (вдоль оси колеса), малы по сравнению с напряжениями, действующими в окружном и радиальном направлениях. Поэтому напряженное состояние считают локально плоским, зависимостью скоростей распространения объемных упругих волн от осевых напряжений пренебрегают.

4.4 Технология изготовления железнодорожных цельнокатаных колес по ГОСТ 10791 предполагает формирование в их ободьях значительных сжимающих окружных напряжений, существенно превышающих радиальные напряжения. Вследствие этого напряженное состояние ОЖК без значительной погрешности в каждой точке контроля можно считать одноосным, а остаточные напряжения рассчитывать по формулам акустоупругости для одноосного напряженного состояния в соответствии с ГОСТ Р 52731.

4.5 Для измерения ОН используют поперечные волны, поляризованные в окружном и радиальном направлениях.

Направление распространения волн — осевое (перпендикулярно к боковой поверхности ОЖК).

4.6 Схема прозвучивания материала соответствует эхо-методу ультразвукового контроля. Способ возбуждения упругих колебаний — контактный. Вид излучаемого сигнала — «радиоимпульс» с высокочастотным (ультразвуковым) заполнением, плавной огибающей и эффективной длительностью (на уровне 0,6 максимальной амплитуды) от 2 до 4 периодов основной частоты.

4.7 Излучение и прием акустических сигналов обеспечивают с помощью прямых совмещенных или раздельно-совмещенных ЭАП поперечных волн.

Примечание — В качестве ЭАП могут быть использованы ПЭП по ГОСТ Р 55725 или электромагнитно-акустические преобразователи.

4.8 Измеряемые напряжения являются усредненными по объему ультразвукового пучка, определяемого поперечными размерами ЭАП и шириной ОЖК.

4.9 Коэффициенты тензометрической (упругоакустической) связи, применяемые для расчета ОН по измеренным акустическим задержкам, являются характеристиками материала, определяемыми модулями его линейной и нелинейной упругости. Значения этих коэффициентов для материала ОЖК должны быть определены с пределом допускаемой относительной погрешности ± 10 %. Экспериментальное определение коэффициентов тензометрической (упругоакустической) связи проводят в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55043 и приложения А настоящего стандарта.

4.10 Рекомендуемый настоящим стандартом метод может служить основой для составления методики выполнения измерений по ГОСТ Р 8.563.

4.11 При разработке методики выполнения измерений необходима ее верификация на основании представительной базы испытанных ЖК.

5 Требования безопасности

5.1 К выполнению измерений допускают персонал, прошедший обучение, повышение квалификации в установленные сроки, сертифицированный в системе добровольной сертификации на соответствующий уровень квалификации по ГОСТ 30489 согласно [7], [8].

5.2 При контроле ОН оператор должен руководствоваться ГОСТ 12.1.001, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002 и правилами безопасности при эксплуатации электроустановок по ГОСТ Р 12.1.019 и ГОСТ 12.1.038.

5.3 Измерения проводят в соответствии с требованиями безопасности, указанными в инструкции по эксплуатации аппаратуры, входящей в состав используемых СИ.

5.4 Помещения для проведения измерений должны соответствовать требованиям норм [9], [10].

5.5 При организации работ по контролю ОН должны быть соблюдены требования пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

6 Требования к средствам измерений

6.1 В качестве СИ могут быть использованы установки, собранные из серийной аппаратуры, и специализированные приборы для определения временных интервалов между многократно отраженными УИ, распространяющимися в материале ОЖК, сертифицированные и поверяемые в установленном порядке.

6.2 СИ должны обеспечивать проведение измерений эхо-методом с использованием УИ с плавной огибающей.

6.3 СИ должны обеспечивать возможность излучения и приема УИ с эффективной частотой от 2,5 до 10 МГц.

6.4 В комплект СИ должны входить прямые совмещенные или раздельно-совмещенные ЭАП, обеспечивающие излучение и прием импульсов поперечных упругих волн, распространяющихся по нормали к поверхности ОЖК.

Примечание — В качестве прямых совмещенных ПЭП поперечных волн могут использоваться преобразователи фирмы «Panametrics» (США).

6.5 Документация СИ должна содержать методику выполнения измерений, а также документы, устанавливающие:

- назначение и область применения СИ;
- состав и основные характеристики средств аппаратного и программного обеспечения, включая погрешности измерения параметров УИ;
- методы и средства достижения совместимости СИ, в том числе информационной, электрической, энергетической, программной, конструкторской, эксплуатационной.

6.6 Описание функциональных возможностей СИ в эксплуатационных, конструкторских и программных документах должно отражать характеристики аппаратного и программного обеспечения.

6.7 Эксплуатационные характеристики СИ должны соответствовать требованиям технических условий и настоящего стандарта.

6.8 Требования к программному обеспечению средств измерений

6.8.1 Программное обеспечение СИ должно обеспечивать возможность выбора любого отраженного УИ и поиск необходимых отсчетных точек профиля импульсов.

6.8.2 Первичная акустическая информация для каждой точки измерений должна постоянно храниться на внешних носителях, защищенных от несанкционированного доступа.

6.9 Вспомогательные устройства и материалы при использовании пьезоэлектрических преобразователей

6.9.1 Шлифовальный инструмент для подготовки поверхности по ГОСТ 12.2.013.3.

6.9.2 Обезжиривающая жидкость (спирт по ГОСТ 17299 или ацетон по ГОСТ 2768 для подготовки поверхности.

6.9.3 Контактная жидкость при использовании ПЭП.

7 Требования к объектам контроля

7.1 Перед установкой ЭАП поверхность ОЖК очищают от грязи, окалины, ржавчины и обезжиривают.

7.2 Класс шероховатости поверхности в точке измерений при использовании ПЭП – не ниже *Ra* 2,5 (ГОСТ 2789).

Примечание — При использовании ПЭП метод не обеспечивает требуемую точность определения ОН, если шероховатость поверхности ОЖК *Ra* превышает 2,5 мкм по ГОСТ 2789.

7.3 При использовании ПЭП вязкость контактной жидкости при температуре измерения должна соответствовать вязкости эпоксидной смолы при температуре 25 °С от 12 до 25 Па·с (ГОСТ 10587).

8 Порядок подготовки к проведению измерений

8.1 Изучают сертификаты на материал ЖК.

8.2 На основании технической документации определяют значение h в точках измерений.

8.3 На основании справочных данных или экспериментально определяют величину V_t.

8.4 Выбирают ЭАП, эффективная частота импульса которого составляет 2,5 МГц.

8.5 Определяют расположение точек измерений.

8.6 Приводят состояние поверхности в выбранных точках в соответствие условиям проведения измерений (см. 7.1, 7.2).

8.7 Наносят при необходимости слой контактной жидкости на подготовленную поверхность ОЖК.

8.8 Устанавливают ЭАП на поверхность ОЖК, подключают их к СИ.

8.9 Включают СИ, проверяют его работоспособность, выводя на экран видеоконтрольного устройства временную развертку принимаемых сигналов.

8.10 На экране видеоконтрольного устройства без значительных видимых искажений должны наблюдаться первый и второй донные УИ.

8.11 Проверяют отсутствие на временной развертке дополнительных импульсов, вызванных либо наличием в области измерения дополнительных отражающих поверхностей (допустимых по условиям эксплуатации ОЖК дефектов — слоев, включений и т.п., обнаруженных методами ультразвуковой дефектоскопии), либо неправильной установкой ЭАП относительно границ поверхности ОЖК.

8.12 Рассчитывают фактическую относительную погрешность определения задержек УИ поперечных упругих волн по формуле

$$\delta t_i^{\phi} = \frac{V_t \Delta_t}{2h} \cdot 10^{-3}. \qquad (1)$$

8.13 В случае если не выполняется неравенство $\delta t_i^{\phi} \le \delta t$, принимают решение о проведении измерений с пониженной по сравнению с δt погрешностью или замене используемого СИ на более точное, обеспечивающие выполнение соотношения $\delta t_i^{\phi} \le \delta t$.

Примечание — Приемлемое для практики значение δt составляет величину 10^{-4}.

9 Порядок проведения измерений и обработки результатов

9.1 Измерение начальных акустических параметров, соответствующих отсутствию ОН в материале ОЖК, проводят в точке, находящейся на одном радиусе с точкой контроля ОН и отстоящей от поверхности катания на расстоянии 40 мм при измерении со стороны, противоположной гребню ОЖК.

9.2 Наносят (при необходимости) контактную жидкость.

9.3 Устанавливают ЭАП направлением поляризации в окружном направлении.

9.4 В соответствии с руководством по эксплуатации СИ проводят измерения задержки $t_c^0(i)$, для $i = 1$.

Примечание — Как правило наименьшую погрешность определения задержек обеспечивает метод перехода сигнала через нуль [11].

9.5 Поворачивают ЭАП на 90°.

9.6 Проводят измерения задержки $t_r^0(i)$, для $i = 1$.

9.7 Действия по 9.4 — 9.6 повторяют n^0 раз, где $n^0 \geq 5$.

9.8 Вычисляют массив значений $A^0(i)$ по формуле

$$A^0(i) = \frac{t_r^0}{t_c^0} - 1. \quad (2)$$

9.9 Массив значений $A^0(i)$ проверяют на наличие выбросов в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-2.

9.10 Определяют среднее значение акустической анизотропии по формуле

$$A^0 = \frac{1}{n^0} \sum_{i=1}^{n^0} A^0(i). \quad (3)$$

9.11 Рассчитывают коэффициент вариации результатов измерений по формуле

$$\delta_A^0 = \frac{1}{A^0} \sqrt{\frac{1}{n^0} \sum_{i=1}^{n^0} \left(A^0(i) - A^0\right)^2}. \quad (4)$$

9.12 Сравнивают значение δ_A^0 с допустимым значением относительной погрешности $\delta A_{доп}$, которая равна δA или δA_ϕ, где

$$\delta A = 2\delta t, \quad (5)$$

$$\delta A_\phi = 2\delta t_r^\phi. \quad (6)$$

Если выполняется соотношение

$$\delta \leq \delta A_{доп}, \quad (7)$$

то в качестве расчетного значения акустической анизотропии в зоне без ОН выбирают полученное значение A^0, в противном случае число измерений n^0 увеличивают и действия по 9.3 — 9.12 повторяют до тех пор, пока величина коэффициента вариации не достигнет значения $\delta A_{доп}$.

Примечание — При невозможности обеспечить величину коэффициента вариации δ не более $\delta A_{доп}$ принимают решение об измерении ОН с пониженной точностью или о невозможности измерений.

9.13 Измерения и обработку по 9.2 — 9.13 проводят для точки контроля ОН. Определяют среднее значение акустической анизотропии A для материала ОЖК в точке контроля ОН.

9.14 ОН для точки контроля рассчитывают по формуле

$$\sigma = D\left(A - A^0\right), \quad (8)$$

где тензометрический (упругоакустический) коэффициент D определяется в соответствии с ГОСТ Р 55043—2012 (приложение А).

Примечание — В соответствии с данными [12] для материала отечественных ЖК можно считать коэффициент D приблизительно равным $-1{,}23 \cdot 10^5$ МПа.

10 Правила оформления результатов измерений

10.1 Результаты измерений фиксируют в протоколе, форма которого приведена в приложении Б.

10.2 Если измерения ОН в материале ОЖК являются частью научно-исследовательских работ, то результаты измерений оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32.

Приложение А
(обязательное)

Определение тензометрических (упругоакустических) коэффициентов

А.1 Тензометрический (упругоакустический) коэффициент D в формуле расчета ОН (8) определяют при проведении испытаний на растяжение плоских образцов по ГОСТ 1497.

А.2 Класс шероховатости поверхности образцов в точке измерений — не ниже *Ra* 2,5 по ГОСТ 2789.

А.3 Для нагружения образца используют машины для механических испытаний материалов по ГОСТ 28840.

А.4 Выбор испытательного оборудования осуществляют таким образом, чтобы в образце создать напряжение не менее $0{,}8\,\sigma_{02}$.

А.5 Испытательные машины должны обеспечивать требуемую нагрузку с допустимым отклонением напряжений не более 1 МПа в течение промежутка времени, необходимого для проведения акустических измерений (от 30 секунд до нескольких минут в зависимости от квалификации оператора и используемых СИ).

А.6 Составляют программу ступенчатого нагружения образца от начальной нагрузки, соответствующей значению одноосного напряжения не более $0{,}1\,\sigma_{02}$, до нагрузки, соответствующей $0{,}8\,\sigma_{02}$. Рекомендуется предусмотреть не менее пяти ступеней нагружения для последующей регрессионной обработки результатов испытаний.

А.7 Образец с закрепленными на нем ЭАП помещают в машину для механических испытаний, добиваются правильной его центровки и прикладывают к нему небольшую нагрузку для обеспечения надежной фиксации образца в захватах.

А.8 На каждой ступени нагружения проводят измерения задержек УИ двух типов:

t_1 — задержки УИ для поперечных волн, поляризованных вдоль оси нагружения;

t_2 — задержки УИ для поперечных волн, поляризованных перпендикулярно оси нагружения.

Измерения проводят как при увеличении, так и при уменьшении нагрузки. Затем образец вынимают из машины. Каждое нагружение («вверх-вниз») проводят три раза. Перед новым нагружением ЭАП снимают и вновь устанавливают на образец.

А.9 Проводят регрессионную обработку зависимостей) $\frac{\Delta t_1}{t_1^0}(\sigma)$, $\frac{\Delta t_2}{t_2^0}(\sigma)$,

где $\Delta t_1 = t_1 - t_1^0, \Delta t_2 = t_2 - t_2^0, t_1^0, t_2^0$, — задержки УИ в материале образцов без нагрузки.

А.10 Акустоупругие коэффициенты α_1, α_2 определяют следующим образом:

α_1 равен тангенсу угла наклона к оси σ линии регрессии $\frac{\Delta t_1}{t_1^0}(\sigma)$;

α_2 равен тангенсу угла наклона к оси σ линии регрессии $\frac{\Delta t_2}{t_2^0}(\sigma)$;

А.11 Тензометрический (упругоакустический) коэффициент D рассчитывают по формуле

$$D = \frac{1}{\alpha_2 - \alpha_1}. \qquad (А.1)$$

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма протокола измерений

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель
_____
(наименование организации)

_____ _____
(личная подпись) (инициалы, фамилия)

«_____»_____20__ г.

ПРОТОКОЛ
определения остаточных напряжений в ободе железнодорожного колеса
(технический объект, контролируемый участок технического объекта)

1 Дата измерения _____
2 Организация, проводящая измерения _____
3 Владелец вагонной тележки _____
4 Данные об объекте:
назначение _____
завод-изготовитель, технология изготовления _____
состояние поверхности объекта_____
дополнительные сведения об объекте _____
5 Эскиз объекта с указанием местоположения точек измерений и их
нумерации (приводится в приложении к протоколу)_____
6 Результаты измерений

Т а б л и ц а В.1 Результаты измерений

Номер точки измерений	Значения задержек импульсов в зоне без остаточных напряжений, нс		Значения задержек импульсов в зоне измерения остаточных напряжений, нс		Значение остаточного напряжения, МПа
	t_c^0	t_r^0	t_c	t_r	

Измерения выполнил оператор

_____ _____
(личная подпись) (инициалы, фамилия)

Руководитель лаборатории
неразрушающего контроля

_____ _____
(личная подпись) (инициалы, фамилия)

Библиография

[1] Гузь А.Н., Махорт Ф.Г., Гуща О.И. Введение в акустоупругость. – Киев: Наукова думка, 1977 – 162 с.
[2] Неразрушающий контроль. Справочник под ред. В.В. Клюева. т. 4., кн.1 - М.: Машиностроение, 2004 – 226 с.
[3] Камышев А.В. Измерение остаточных напряжений в ободьях железнодорожных колес методом акустоупругости / Камышев А.В., Никитина Н.Е., Смирнов В.А. // Дефектоскопия – 2010, № 3, С. 50–54
[4] Муравьев В.В. Оценка остаточных напряжений в ободьях вагонных колес электромагнитно-акустическим методом / Муравьев В.В., Муравьева О.В., Стрижак В.А., Пряхин А.В., Балабанов, Е.Н., Волкова Л.В.// Дефектоскопия – 2011, № 6, С. 16–28
[5] NF EN 13262:2004+A1:2008 Railway applications – Wheelsets and bogies — Wheels — Product requirements
[6] СТО РЖД 1.11.002—2008 Контроль неразрушающий. Элементы колесных пар вагонов. Технические требования к ультразвуковому контролю
[7] РД 32 ЦВ 079—2005 Типовое положение о подготовке, повышении квалификации, периодической проверке знаний и сертификации персонала по неразрушающему контролю предприятий вагонного хозяйства
[8] ПР 32.113—98 Правила сертификации персонала по неразрушающему контролю технических объектов железнодорожного транспорта
[9] СНиП 2.09.03—85 Сооружения промышленных предприятий. Нормы проектирования
[10] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов
[11] МВИ. Стандартные образцы времени прохождения ультразвуковых сигналов. Определение основных метрологических характеристик. ИФМ УрО РАН, Екатеринбург, 2007 – 16 с.
[12] Никитина Н.Е. Акустоупругость. Опыт практического применения. Н. Новгород:ТАЛАМ, 2005 – 208 с.

УДК 620.172.1:620.179.16:006.354 ОКС 77.040.10 Т59

Ключевые слова: ободья железнодорожных колес, остаточные напряжения, акустический метод, акустоупругость, ультразвуковые импульсы, задержки импульсов, коэффициенты упругоакустической связи

Редактор *Л.Б. Базякина*
Корректор *Ю.М. Прокофьева*
Компьютерная верстка *Е.И. Мосур*

Подписано в печать 08.02.2016. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 1,86. Тираж 44 экз. Зак. 4302.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru