

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

13/19/10

**Одобрено кафедрой
«Тяговый подвижной
состав»**

ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ

**Методические указания к лабораторной работе
для студентов VI курса
специальности**

190301.65 ЛОКОМОТИВЫ (ЛТ)

2-е издание, стереотипное

РОАТ

Москва – 2011

Составитель – канд. техн. наук, доц. В.Ф. Бухтеев

ВВЕДЕНИЕ

Работающие в тяжелых условиях ответственные сборочные единицы и детали машин и механизмов подвержены трещинообразованию, т.е. зарождению и развитию в них усталостных трещин. Такие трещины, являясь сильными концентраторами напряжений, развиваясь, угрожают разрушением детали в процессе работы и созданием аварийных ситуаций. Поэтому для безопасности эксплуатации наиболее ответственные детали периодически контролируют. Цель контроля в условиях эксплуатации или ремонта — обнаружение усталостных трещин и выбраковка деталей, угрожающих поломкой. Такой контроль во многих случаях невозможно осуществлять «на глаз» из-за недостаточной достоверности визуального контроля. Для этой цели применяют различные виды неразрушающего контроля, который может быть реализован с помощью взаимодействия различных физических полей или веществ с проверяемой деталью.

Благодаря наилучшей технологичности и наибольшей простоте в промышленности и на транспорте широкое внедрение получили ультразвуковой, магнитный, капиллярный и вихревой виды контроля. Отличительной особенностью и достоинством ультразвукового неразрушающего контроля является способность ультразвуковых волн глубоко проникать в толщу металла и, отражаясь от несплошностей, обеспечивать таким образом контроль зон, закрытых для доступа извне.

На ремонтных предприятиях длительное время применялись ламповые ультразвуковые дефектоскопы УЗД-56 и УЗД-64, которые заменяют новыми, сконструированными на базе полупроводниковой схемотехники (УД-11ПУ, УД2-12, ДИ-4). Эти дефектоскопы имеют более широкие функциональные возможности, например индикацию зоны контроля, автоматическую сигнализацию наличия дефекта с оптической или звуковой индикацией, «отсечку» слабых сигналов с регулируемым уровнем срабатывания.

Краткие сведения об основных характеристиках в устройстве ультразвукового дефектоскопа УД2-12

Ультразвуковые дефектоскопы УД-11ПУ, УД2-12 и Д1-4 обеспечивают обнаружение несплошностей в различных металлах или пластмассах теньевым или эхо-методом.

Из множества технико-эксплуатационных и метрологических характеристик дефектоскопов основной интерес для потребителя, занятого ремонтом подвижного состава железных дорог и метрополитенов, представляют параметры, определяющие пригодность дефектоскопа для контроля деталей вагонов и локомотивов. Такими параметрами, в первую очередь, являются максимальная глубина (дальность) прозвучивания и чувствительность, а также эргономические показатели: размер экрана, масса, габариты, простота управления. Основные параметры ультразвуковых дефектоскопов, которыми оснащаются ремонтные предприятия МПС, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры ультразвуковых дефектоскопов

Тип прибора	Максимальная глубина прозвучивания по стали, мм	Размер экрана, мм	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Потребляемая мощность, Вт	
					от сети	от батарей
УД11-ПУ	2 500	80×60	8,5	350×280×170	30	10
УД2-12	5 000	80×60	8,5	350×280×170	18	8
Д1-4	10 000	100×80		437×236×140	15	3.5

Функциональная схема дефектоскопа УД2-12 аналогична показанной на рис. 1, дефектоскоп содержит следующие основные узлы: генератор импульсов возбуждения (ГИВ), устройство приемное (УП), блок развертки (БР), измеритель отношений (ИО), блок цифрового отсчета (БЦО), блок автоматического сигнализатора дефектов (АСД), блок электронно-лучевой трубки ОПТ), блок питания (БП). Отличительные особенности дефектоскопа УД2-12 связаны с функциональными возможностями блоков ИО, БЦО, АСД и БП.

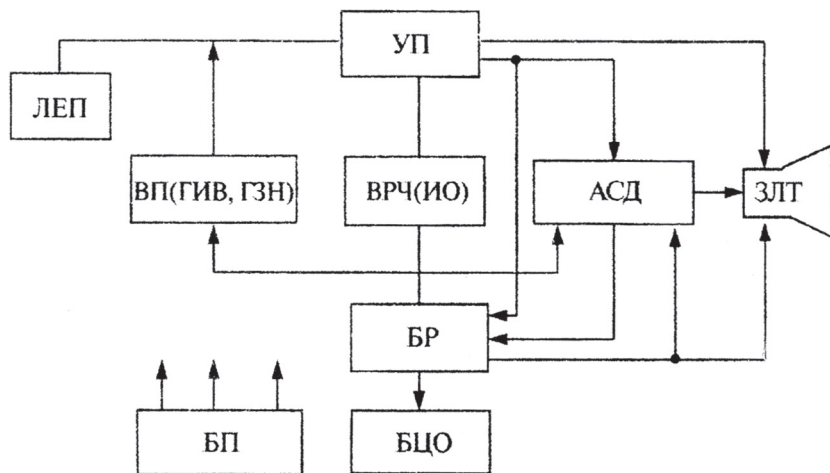


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема дефектоскопа УД2-12

Блок измерителя отношения позволяет измерить и отобразить в цифровом виде уровень сигнала от дефекта в децибелах. Входящая в его состав и управляющая работой усилителя схема временной регулировки чувствительности (ВРЧ) предназначена для выравнивания уровней сигналов, наблюдаемых на экране ЭЛТ, полученных от одинаковых отражателей, расположенных на различных дальностях от преобразователя.

Наличие в дефектоскопе блока цифрового отсчета обеспечивает возможность определения расстояний до отражателей, не превышающих 999 мм, или времени распространения ультразвука (в микросекундах).

Дефектоскоп УД2-12 содержит одноканальный трехпороговый АСД. Он срабатывает при превышении амплитуды видеосигнала, находящегося в заданной зоне контроля какого-либо из трех различных пороговых уровней. При этом загорается зеленый, желтый или красный транспарант на передней панели дефектоскопа.

Питание дефектоскопа может осуществляться от сети переменного тока 220 В, а также от аккумулятора или батареи напряжением 12 В. При работе от сети 220 В обязательным является заземление дефектоскопа.

Дефектоскоп УД2-12 комплектуется ультразвуковыми пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП) с частотами ультразвука 1,25; 1,8; 2,5; 5,0 и 10 МГц (прямые), а также наклонными ПЭП на частоты от 1,25 до 5,0 МГц с углами ввода ультразвука в стали 40, 50, 65° и на частоте 5,0 МГц дополнительно 70°. Следует заметить, что дефектоскоп УД2-12 комплектуется ПЭП новой конструкции. Поэтому ранее выпускавшиеся ПЭП из комплектов дефектоскопов УД-10П и УД-ЦПУ совместно с дефектоскопом УД2-12 быть использованы не могут (возможно их использование после переделки сигнального кабеля). Кроме того, если на ранее выпускавшихся преобразователях указывались углы призмы, то на ПЭП к дефектоскопу УД2-12 указаны углы ввода ультразвука в стали. Это важное различие следует всегда помнить при работе с наклонными преобразователями.

Совмещенный режим работы дефектоскопа обеспечивается подключением специальных кабелей ЩЮ 4.850.307 (для работы с прямыми ПЭП) или ЩТО 4.850.278.01 (для работы с наклонными ПЭП) из комплекта дефектоскопа.

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

1. Подготовка и наладка оборудования и дефектоскопа УД2-12.
2. Подготовка образцов для проведения лабораторной работы и тарировка датчиков.
3. Методика проведения лабораторной работы:
 - 3.1. Контроль бандажей колес (кроме зоны гребня).
 - 3.2. Контроль гребня бандажа.

1. ПОДГОТОВКА И НАЛАДКА ОБОРУДОВАНИЯ

Для производства ультразвукового контроля бандажей колес используются:

- ультразвуковой дефектоскоп типа УД2-12;
 - преобразователи:
 - а) прямые: П111-2.5-К12-002;
 - б) наклонные: П121-2,5-40-002;
 - контрольные образцы деталей, подлежащих контролю. На контрольных образцах осваиваются:
 - а) расшифровка показаний дефектоскопа;
 - б) правильность постановки преобразователей, выбор минимальных усилий нажатия на них с целью обеспечения надежного акустического контакта и наилучшей выявляемостью моделей дефектов;
 - в) методы контроля деталей;
 - г) навыки в регулировке чувствительности дефектоскопа;
 - д) пользование масштабом развертки и выбор зон контроля.
- Подготовка к работе дефектоскопа УД2-12 осуществляется в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ И ТАРИРОВКА ДАТЧИКОВ

Для определения рабочих режимов дефектоскопа используется контрольный образец, содержащий модель дефекта. Конт-

рольный образец выполняется из целого бандажа или его части, включающий сектор не менее 120° .

Размеры и расположение моделей дефектов на контрольном образце показаны на рис. 2. Роль контрольного отражателя в данном случае выполняют поверхности формирующие угол

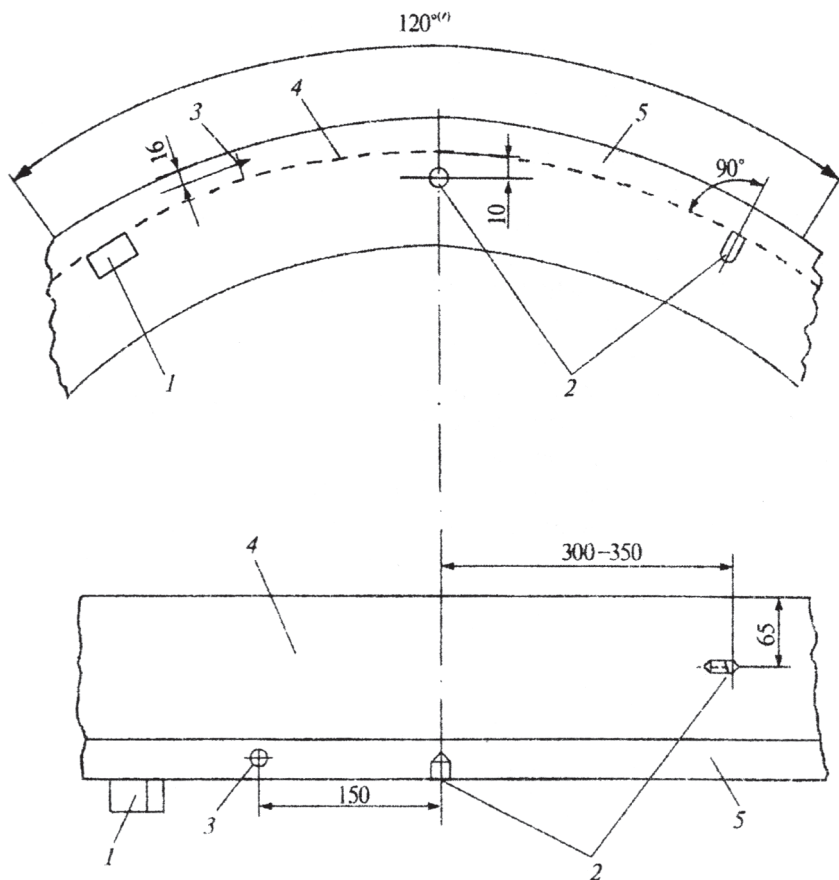


Рис. 2. Контрольный образец:

1 — преобразователь с углом ввода 40° ; 2 — контрольные отражатели в бандаже; 3 — контрольный отражатель в гребне; 4 — поверхность катания колеса; 5 — гребень колеса

между поверхностью колеса и цилиндрической поверхностью обычной засверловки.

Для определения масштаба развертки поперечных волн $M_{(попер)} = 100^{мм} /_{усл}$ устанавливают прямой преобразователь типа ПИ 1-2,5-1К12-002 на смазанную маслом боковую полость обода со стороны гребня (рис. 3) так, чтобы на экране наблюдался эхо-сигнал от противоположной полости обода.

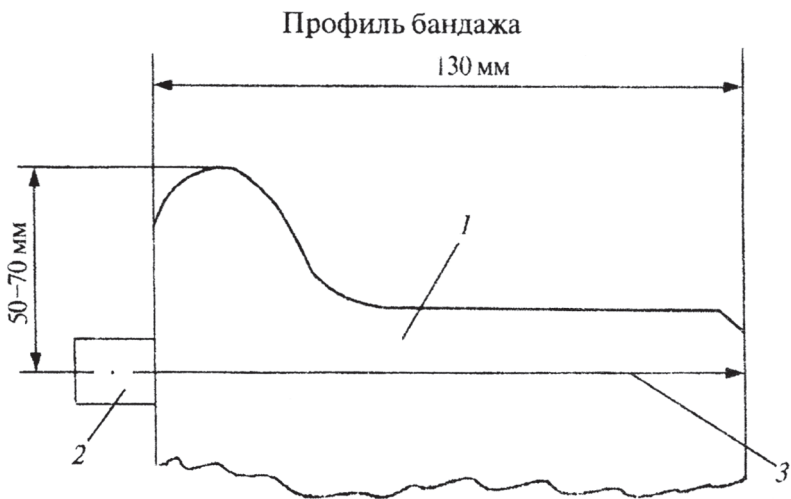
Браковочную чувствительность дефектоскопа при контроле бандажа определяют следующим образом:

рукоятками «Ослабление» устанавливают эхо-сигнал от модели дефекта, сформированный отраженным от боковой плоскости бандажа лучом преобразователя П121-2,5-40-002, равным по высоте половине вертикальной шкалы экрана дефектоскопа (рис. 4). Полученная при этом чувствительность дефектоскопа считается браковочной и заносится в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Таблица браковочных режимов

Контрольный отражатель (модель)	Тип преобразователя, завод. номер, место установки	Расстояние от преобразователя по оси у.з. луча, (мм)	Дальность по линии развертки, на которой виден сигнал	Режим чувствительности «браковочной» (ДБ)
1	2	3	4	5
Отверстие 3 мм и глубиной 5 мм на внутренней плоскости бандажа	Преобразователь Ш21-2,5-40-002 наклонный с углом -40°	370	3.7 $M_{поп} = 100^{мм} /_{дсн}$	



Осциллограф при установлении масштаба развертки

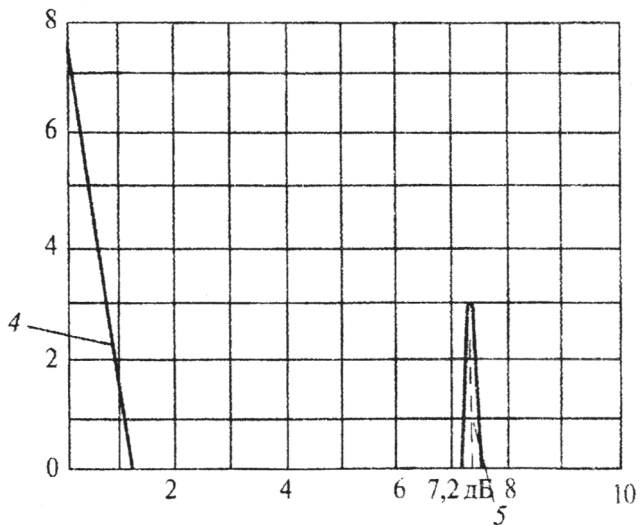


Рис. 3. Установление масштаба развертки:

1 — обод колеса; 2 — ультразвуковой преобразователь ПШ-2.5-К12-002;
 3 — ультразвуковой луч; 4 — зондирующий импульс; 5 — эхо-сигнал от
 противоположного торца обода

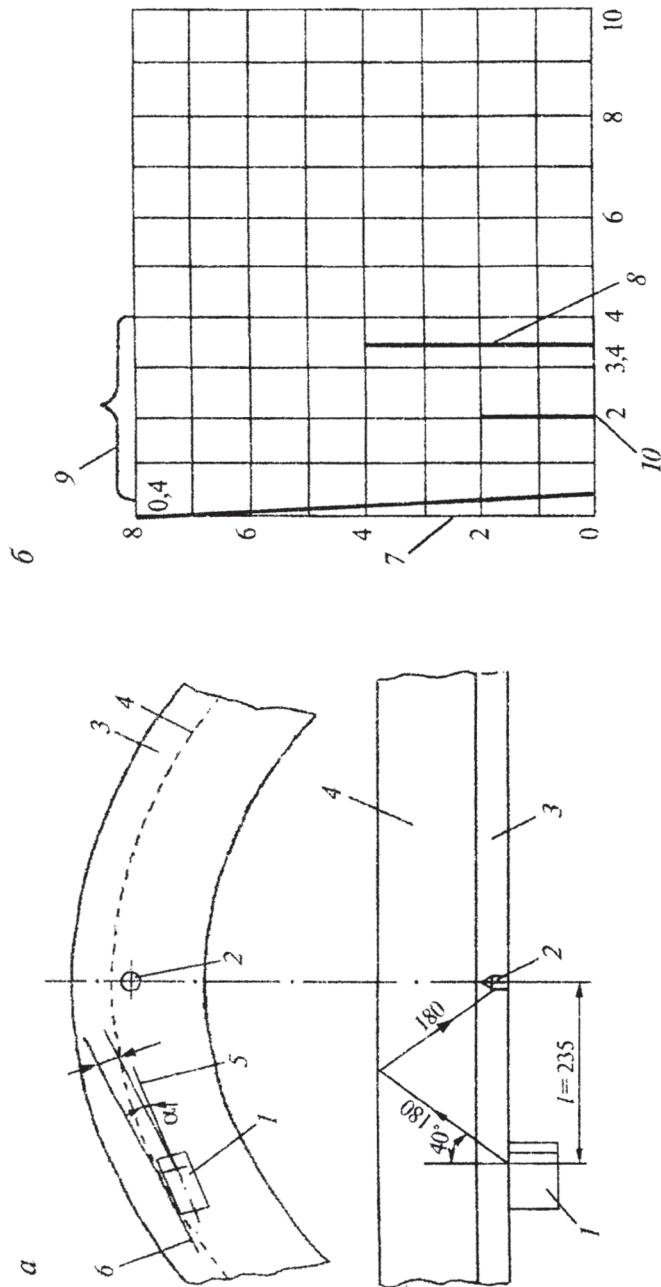


Рис. 4. Схема расположения преобразователя при настройке на браковочную чувствительность (а) и характерная осциллограмма при контроле (б):

1 — преобразователь с углом поворота 40° ; 2 — модель дефекта; 3 — гребень колеса; 4 — поверхность катания; 5 — угол разворота преобразователя ($\alpha = 6^\circ$); 6 — касательная к поверхности катания; 7 — передний фронт зондирующего импульса; 8 — эхо-сигнал от модели дефекта; 9 — зона контроля; 10 — сигнал от внешней грани

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Контроль бандажей колес

Контроль бандажей ведут при «поисковой чувствительности дефектоскопа», которая на 6–8 дБ превышает «браковочный режим».

Бандаж очищают от грязи и смазывают трансмиссионным маслом.

Преобразователь П121 подключают к дефектоскопу, устанавливают на боковую поверхность бандажа и перемещают (сканируют) в этой плоскости по траектории «змейки» с продольным шагом 80–120 мм и поперечным шагом 15–20 мм. При этом ведут наблюдения за зоной контроля, находящейся на линии развертки между делениями 0,4 и 3,7 (см. рис. 4). При появлении в зоне контроля сигнала, добиваются его наибольшей амплитуды путем изменения положения сигнала и после этого устанавливают «браковочную чувствительность».

3.2. Контроль зоны гребня бандажа

Для контроля зоны гребня бандажа используют наклонный преобразователь — П121-2,5-40-002 с углом ввода ультразвука 40° и частотой ультразвука 2,5 МГц.

Для определения рабочих режимов дефектоскопа используют контрольный образец по рис. 2. Расположение контрольного отражателя для зоны гребня показано на рис. 5.

Устанавливать масштаб развертки для поперечных ультразвуковых волн $M_{\text{попер}} = 10^{\text{мм}/\text{дел}}$, отжав кнопку « $\times 10$ » на блоке А6 дефектоскопа УД2-12 (положение плавного регулирования масштаба развертки после проведения операций по п. А6 [4] не должно изменяться).

Следует иметь в виду, что конструкция наклонных преобразователей за счет использования ультразвуковой призмы вносит задержку $L_{\text{призм}}$ распространения ультразвука по сравнению с другими преобразователями, поэтому для определения расстояния до отражателей при работе с наклонными преобразователями следует учитывать эту задержку (для преобразователей П121-2,5-40-002 величина этой задержки для стали эквивалентна дальности до отражателя 15 мм).

Для определения браковочного режима чувствительности преобразователь П121-2,5-002 устанавливают на внутреннюю (со стороны гребня) боковую плоскость контрольного образца, как показано на рис. 5.

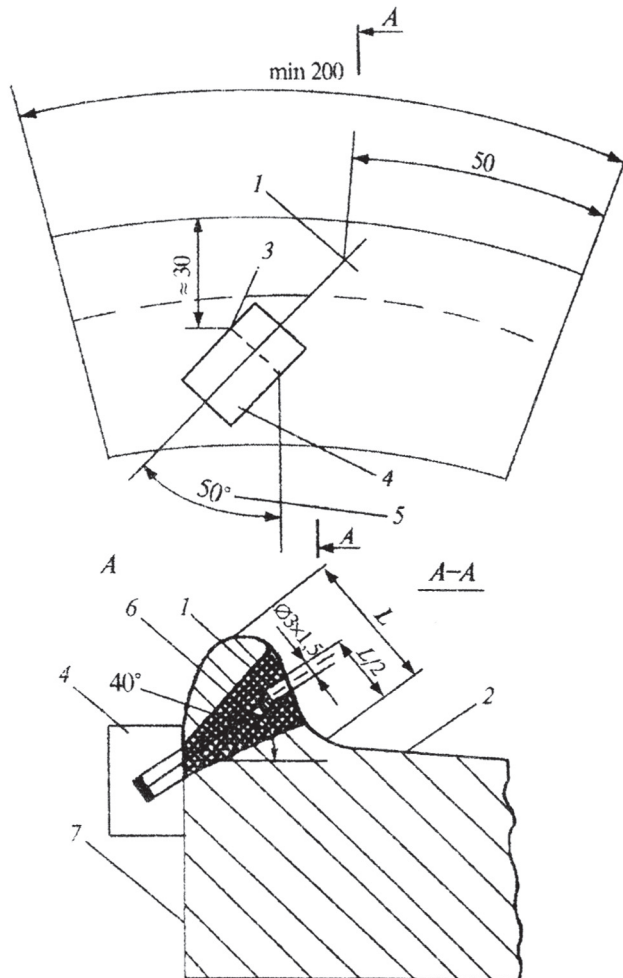


Рис. 5. Контрольный образец и расположение преобразователя при дефектоскопировании гребня:

1 — модель дефекта; 2 — поверхность катания; 3 — точка ввода ультразвука; 4 — ультразвуковой преобразователь; 5 — значение угла разворота преобразователя; 6 — ось ультразвукового луча

После обнаружения на экране эхо-сигнала от контрольного отражателя необходимо, перемещая преобразователь по боковой плоскости бандажа, установить его в положение, при котором амплитуда сигнала максимальна (положение наилучшей «видимости» отражателя). Установить кнопки аттенюатора дефектоскопа в положение, при которых высота эхосигнала от контрольного отражателя составляет половину вертикальной шкалы экрана дефектоскопа. Полученная при этом чувствительность считается «браковочной». Ее значение в дБ равно сумме цифр, соответствующих нажатым кнопкам аттенюатора, и должно быть зафиксировано в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Таблица браковочных режимов

Контрольный отражатель (модель дефекта)	Тип преобразователя, его заводской номер и место установки	Расстояние от преобразователя до отражателя	Дальность на линии развертки, на которой виден эхо-сигнал модели дефекта мм/дел.	Режим чувствительности «браковочной», дБ
1	2	3	4	5
Отверстие 3 мм и глубиной 1,5 мм в середине гребня со стороны поверхности катания	Преобразователь Ш21-2,5-40-002 наклонный с углом — 40° №	55	7,0 $M_{\text{попер}}=10$	

Технологический процесс ультразвукового контроля гребни бандажей.

Установить «поисковую» чувствительность дефектоскопа. Для этого значения «ослабления» аттенюатора устанавливаются на 6–10 дБ меньше значения «браковочной» чувствительности.

Перед проведением контроля очищают от загрязнений боковую плоскость бандажа (со стороны гребня) и смазывают контактной жидкостью.

Преобразователь П121-2,5-40-002 подключить к дефектоскопу, установить на боковую плоскость бандажа с углом разворота относительно радиуса колеса примерно 50 градусов (рис.6). Сканирование выполняют по всей длине окружности колеса до возвращения в исходную позицию.

Сканирование ведут при поисковой чувствительности дефектоскопа. При этом преобразователь П121-2,5-40-002 перемещают по траектории «змейка» с шагом 12–15 мм (см. рис. 6). При перемещении «сканирование» преобразователя допускается отключение значения угла разворота преобразователя в пределах ± 10 градусов.

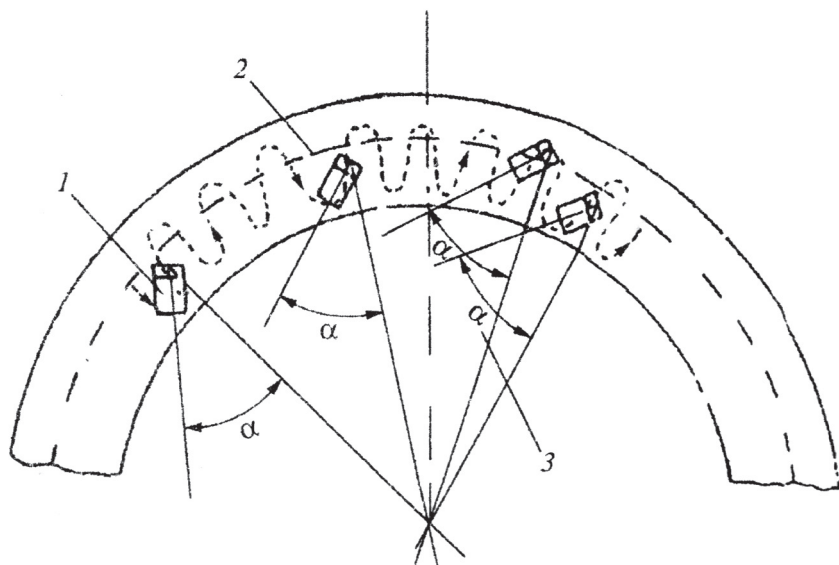


Рис. 6. Сканирование преобразователя при проведении ультразвукового контроля гребня:

1 — ультразвуковой преобразователь; 2 — внутренняя торцевая плоскость бандажа (обода); 3 — угол разворота преобразователя $\alpha = 50^\circ$

Характерная осциллограмма, наблюдаемая при контроле гребня, показана на рис. 7. При появлении в зоне контроля сигнала с целью принятия решения о браковке, установить «браковочную» чувствительность дефектоскопа, и при положении преобразователя, соответствующей наибольшей амплитуде сигнала, оценить факт «браковочного» уровня. Бандаж подлежит браковке, если амплитуда эхо-сигнала превышает $\frac{1}{2}$ высоты вертикальной шкалы экрана.

Сканирование ведут по всей окружности бандажа. При контроле под локомотивом необходимо вести контроль бандажей посекторно, отмечая мелом проектированные секторы бандажа и прокатывая локомотив на смотровой яме.

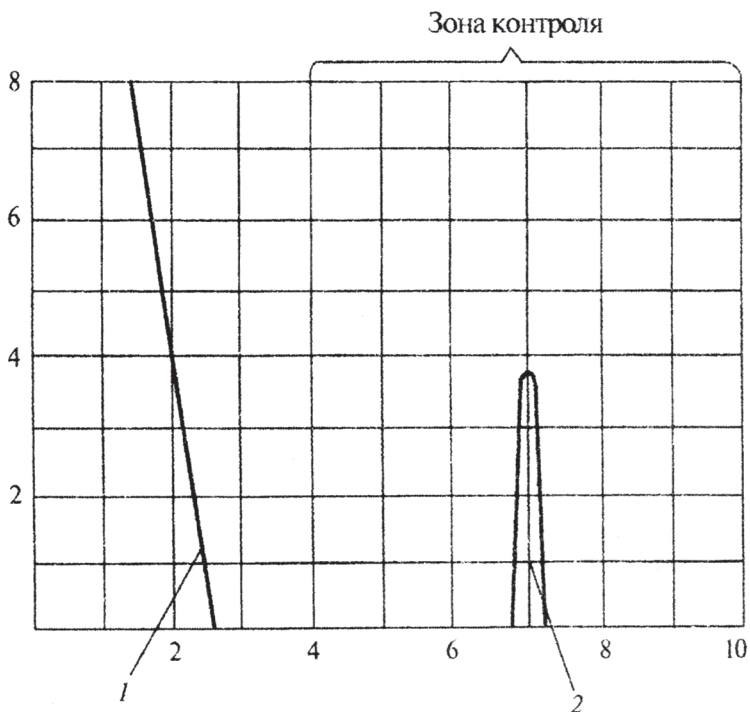


Рис. 7. Осциллограмма прозвучивания контрольного образца при контроле гребня:

1 — зондирующий сигнал; 2 — сигнал от модели дефекта

Техника безопасности при ультразвуковом контроле

1. Техники-дефектоскописты должны хорошо знать и точно исполнять требования техники безопасности, предъявленные работникам, обслуживающим электрические установки и переносные электрические приборы.

2. Во избежание поражения электрическим током необходимо применять защитное заземление корпуса дефектоскопа. Для этой цели подключение дефектоскопа к сети должно выполняться посредством трехштырьковой вилки и розетки.

3. При выполнении ультразвукового контроля в особо стесненных и сырых помещениях необходимо наряду с защитным заземлением использовать средства личной защиты от поражения электрическим током (перчатки ди-электрические, галоши, коврики). В случае отсутствия этих средств необходимо пользоваться дефектоскопом с питанием от сети напряжением не более 36 В или с автономным питанием от аккумуляторных батарей.

4. Не допускается пользоваться дефектоскопами с неисправными корпусами, поврежденной изоляцией токоведущих проводов и деталей.

5. Интенсивность ультразвуковых волн, используемых при ультразвуковом контроле, очень мала, а рабочие частоты велики (свыше 0,5 МГц). В воздухе на расстоянии 1–2 мм такие акустические колебания полностью затухают и поэтому не оказывают вредного воздействия на организм человека.

П р и м е ч а н и е . После составления отчета по лабораторной работе студентам необходимо провести исследование остаточного ресурса дизеля по результатам спектрального анализа масла. Исходные данные и методика расчета излагается преподавателем при выполнении лабораторной работы.

В заключение необходимо сделать выводы по работе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27002-83. Надежность в технике. Термины и определения.
2. ГОСТ 27002-83. Выбор и нормирование показателей надежности. Основные положения.
3. ГОСТ 20759-75. Дизели тепловозов. Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла.
4. Инструкция по ультразвуковому контролю деталей тепловозов серий 2ТЭ116, ТЭ10, М62, ТЭМ2. — М.: «Техинформ», 1999.
5. Бородин А.П., Пахомов Э.А. Диагностирование тепловозных дизелей по спектральному анализу масла. — М.: ВЗИИТ, 1981.

ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ

Методические указания к лабораторной работе

Редактор *В.И. Чучева*
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

Тип. зак.		Тираж 200 экз.
Подписано в печать 09.06.11	Гарнитура NewtonC	
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 _{1/16}

Редакционный отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2