



ПРИМЕНЕНИЕ АРД-ДИАГРАММ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ В РАДИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ КАТАНЫХ КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ ЛОКОМОТИВОВ

Г. Г. БАСОВ, В. Л. МАРКОВ, А. Н. КИРЕЕВ

Представлены расчетные зависимости между относительным и абсолютным коэффициентом ослабления ультразвуковой волны при контроле катаных колесных центров в радиальном направлении, на основе которых получены расчетные АРД-диаграммы, позволяющие получить оценку допустимости несплошностей.

In the article are presented, got a computation way, dependences between the relative and absolute coefficient of weakening of ultrasonic wave at the ultrasonic control of the roller wheeled centers of locomotives in radial direction, which computation ADD-diagrams allowing to produce estimation of admission of defects are got on the basis of. Application of ADD-diagrams allows to promote authenticity of ultrasonic control of the roller wheeled centers of locomotives for providing of safety of motion on the ferrous road.

Внедрение новейших научных достижений на железнодорожном транспорте привело к стремительному развитию локомотивного хозяйства, в котором сосредоточена почти восьмая часть общей стоимости основных фондов железных дорог [1]. Тенденция повышения скоростей движения на железных дорогах привела к необходимости выпуска более мощных локомотивов с повышенными требованиями к качеству.

Одними из наиболее ответственных элементов ходовой экипажной части локомотивов, от исправной работы которых зависит безопасность движения на железных дорогах, являются колесные пары. В локомотивостроении наибольшее применение получили составные колеса — из бандажа и колесного центра. В последнее время при изготовлении составных колес ходовой экипажной части скоростных локомотивов все больше применяются катаные колесные центры, так как они имеют ряд преимуществ перед литыми: меньшую

неподрессоренную массу, лучшие показатели механических свойств.

Для обеспечения качества и безотказной работы катаные колесные центры в процессе производства подвергали ультразвуковому (УЗ) контролю на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей металла в соответствии с ГОСТ 11018–2000 [2]. Ультразвуковому контролю подвергали в осевом направлении: обод и ступицу; в радиальном направлении: обод и зону перехода от обода к диску. В ранее существующих методиках УЗ контроля катаных колесных центров настройка чувствительности УЗ дефектоскопа и оценка допустимости несплошностей проводилась по стандартным образцам предприятия (СОП) с выполненными в них глухими сверлениями с плоским дном на разной глубине в контролируемой зоне. Оценка допустимости несплошностей по эталонным отражателям в стандартных образцах предприятия может быть выполнена только со значительной погрешностью [3]. Основную погрешность вносит разность затухания в изделии и СО.

Для уменьшения погрешности требуется переход к методике оценки допустимости несплошностей без применения СОП. Одним из таких способов методики оценки допустимости несплошностей является работа с АРД-диаграммами (амплитуда–расстояние–диаметр). Особенности работы с АРД-диаграммами в осевом направлении при УЗ кон-

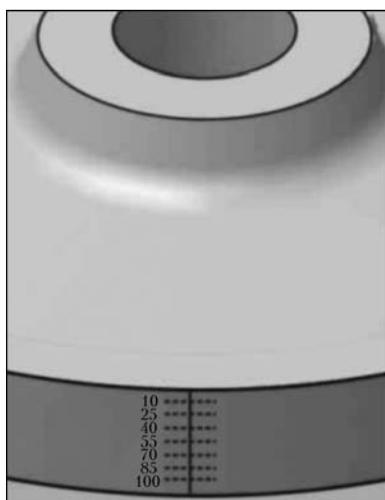


Рис. 1. Координаты преобразователя на ободу катаного колесного центра

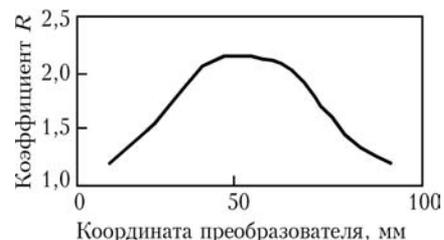


Рис. 2. Зависимость коэффициента R от координаты преобразователя

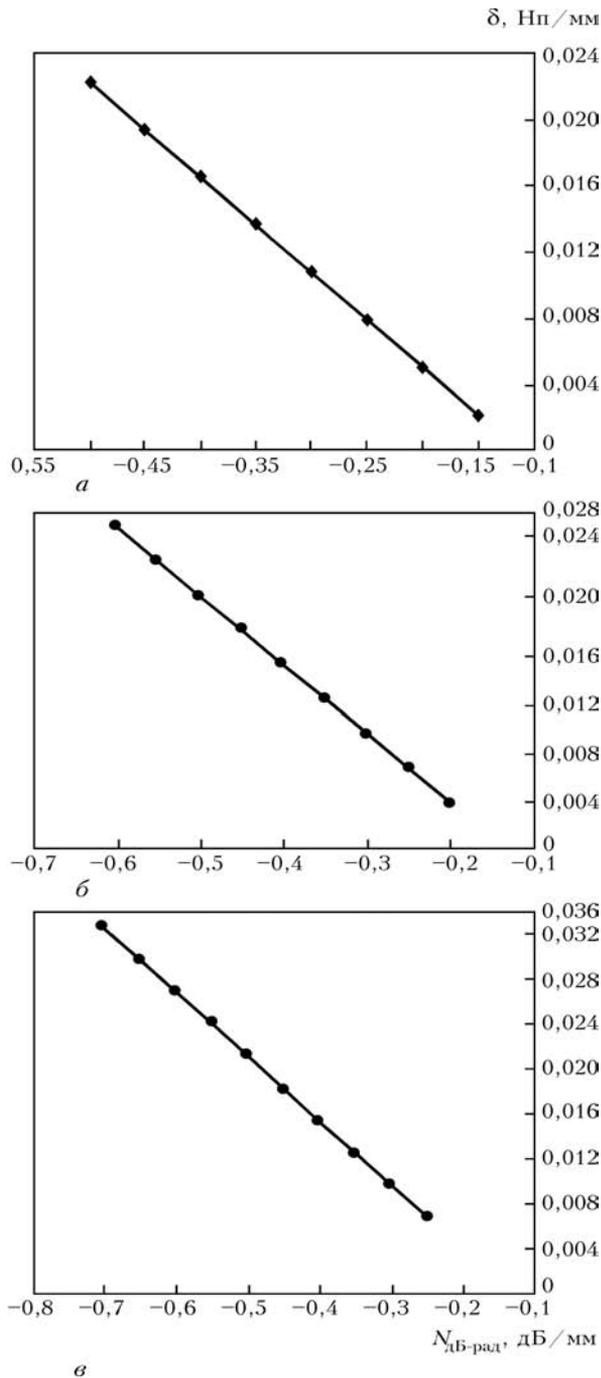


Рис. 3. Зависимость абсолютного коэффициента УЗ волны δ от относительного коэффициента ослабления $N_{\text{дБ-рад}}$ в радиальном направлении по координатам, мм: а – 10, 25, 85, 100; б – 40, 60; в – 55

троле катаных колесных центров на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей рассмотрены в работе [4]. В радиальном направлении, в отличие от осевого, отсутствуют донная поверхность, эхо-сигнал от которой можно использовать для учета затухания УЗ волны в изделии. Помимо ослабления эхо-сигнала от несплошности в радиальном направлении вследствие затухания происходит ослабление за счет ввода УЗ волны через выпуклую цилиндрическую поверхность. Толщина контактного слоя между УЗ преобразователем и криволинейной поверхностью будет меньше для центральной и больше для краевых точек преоб-

разователя, и, кроме того, выпуклая цилиндрическая поверхность будет играть роль расфокусирующей линзы для УЗ волны. Влияние кривизны поверхности ввода УЗ волны на амплитуду эхо-сигнала от отражателей было исследовано в работах [5–7]. Радиус катаных колесных центров после предварительной механической обработки составляет 455 мм. Как следует из работы [7], пренебрегать кривизной поверхности ввода УЗ волны и пользоваться формулами акустического тракта для плоской поверхности ввода можно при радиусах кривизны, больших 500 мм.

Ранее Киреевым А. Н. была получена экспериментальная зависимость между относительным коэффициентом ослабления продольной УЗ волны $N_{\text{дБ-ос}}$ ($N_{\text{дБ-ос}} = A_{\text{дБ-дон}}/x$, где $A_{\text{дБ-дон}}$ – донный эхо-сигнал; x – расстояние до отражающей поверхности) в осевом направлении в ободу катаного колесного центра и относительным коэффициентом ослабления продольной УЗ волны $N_{\text{дБ-рад}}$ в радиальном направлении при различных координатах преобразователя (рис. 1). По результатам исследований получена зависимость коэффициента R , характеризующего связь между $N_{\text{дБ-рад}}$ и $N_{\text{дБ-ос}}$ ($N_{\text{дБ-рад}} = R \cdot N_{\text{дБ-ос}}$), от различных координат преобразователя (рис. 2).

Цель данной работы – получение расчетных зависимостей между относительным коэффициентом ослабления УЗ волны в радиальном направлении $N_{\text{дБ-рад}}$ и абсолютным коэффициентом ослабления в радиальном направлении δ для различных координат УЗ преобразователя, а также построение размерных АРД-диаграмм для оценки сплошности несплошностей.

Получена формула, отображающая зависимость между относительным и абсолютным коэффициентами ослабления УЗ волны:

$$\delta = - \frac{\ln\left(\frac{10^{N_{\text{дБ-рад}}} \cdot x \cdot 2\lambda x}{S_a}\right)}{2x},$$

где λ – длина УЗ волны; S_a – площадь излучателя преобразователя.

По этой формуле проведен расчет и получена зависимость между относительным коэффициентом ослабления УЗ волны в радиальном направлении $N_{\text{дБ-рад}}$ и абсолютным коэффициентом ослабления в радиальном направлении δ для различных координат расположения УЗ преобразователя (рис. 3).

Воспользовавшись приведенными ниже формулами [9] для расчета амплитуды эхо-сигнала от плоскодонных цилиндрических отражателей:

$$\left|\frac{A}{A_0}\right| = \frac{S_a S_b}{\lambda^2 x^2} e^{-2\delta x}$$

(A – амплитуда принятого сигнала; A_0 – амплитуда опорного сигнала, в качестве которого принимается эхо-сигнал от донной поверхности (59 мм) в стандартном образце СО₂ [8]; S_b – площадь отражателя; x – расстояние до отра-

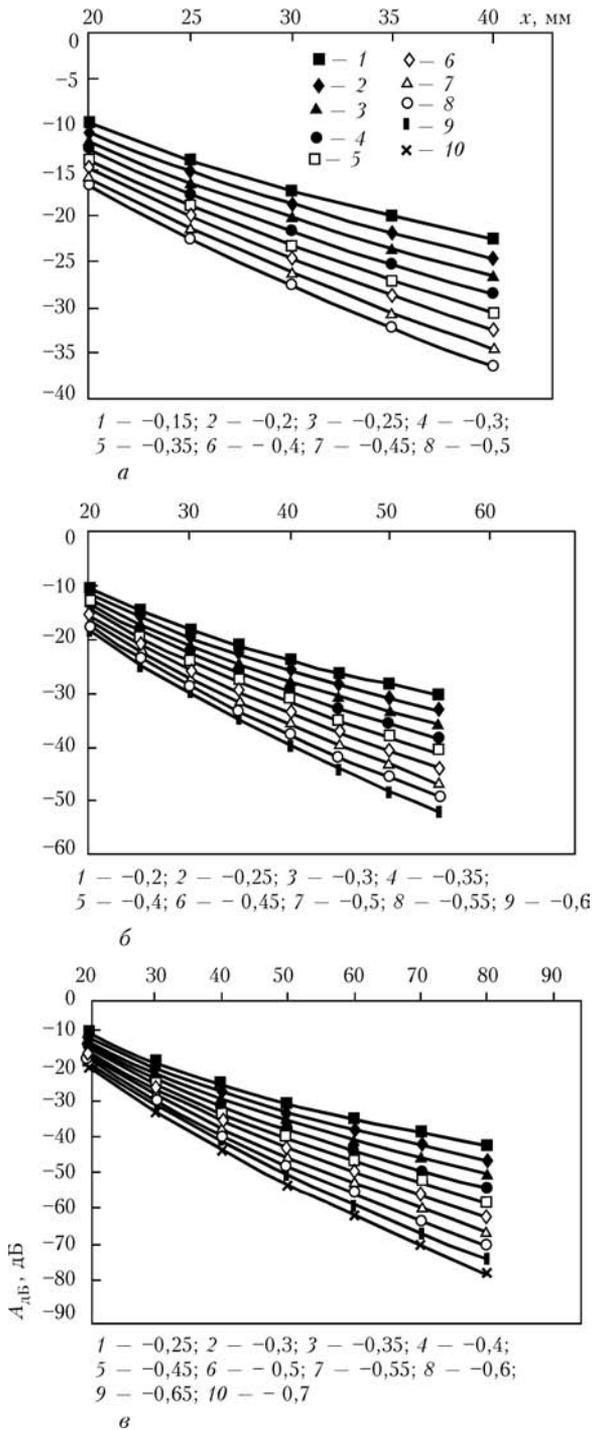


Рис. 4. Расчетные АРД-диаграммы для оценки допустимости несплошностей для различного затухания УЗ волны $N_{дБ-рад}$ и различных координат преобразователя, мм: а — координаты 10, 25, 85, 100; б — координаты 40, 60; в — координата 55 ($A_{дБ}$ — амплитуда эхо-сигнала от отражателя)

жателя; $A_{дБ} = 20 \ln|A/A_0|$) были построены расчетные АРД-диаграммы для оценки допустимости несплошностей при УЗ контроле в радиальном направлении катаных колесных центров (рис. 4).

Диаметр отражателя приняли равным 3 мм, что соответствует предельной чувствительности при УЗ контроле катаных колесных центров. Кривые были построены для различных коэффициентов ослабления УЗ волны и для различных координат расположения УЗ преобразователя.

Выводы

Получены зависимости между относительным коэффициентом ослабления УЗ волны в радиальном направлении $N_{дБ-рад}$ и абсолютным коэффициентом ослабления в радиальном направлении σ для различных координат расположения УЗ преобразователя, а также построены размерные АРД-диаграммы для оценки допустимости несплошностей при УЗ контроле в радиальном направлении катаных колесных центров. АРД-диаграммы построены для различного коэффициента ослабления УЗ волны в изделии и для различных координат преобразователя на поверхности ввода УЗ волны.

1. *Локомотивное хозяйство* / С. Я. Айзинбуд, В. А. Гутковский, П. И. Кельперис и др. — М.: Транспорт, 1986. — 263 с.
2. *ГОСТ 11018-2000*. Тяговый подвижной состав железных дорог колеи 1520 мм. Колесные пары. Общие технические условия.
3. *Ермолов И. Н., Алешин Н. П., Потапов А. И.* Неразрушающий контроль. — Кн. 2. Акустические методы контроля. — М.: Высш. шк., 1991. — 283 с.
4. *Киреев А. Н.* Улучшение показателей качества и надежности катаных колесных центров тепловозов путем повышения достоверности УЗ контроля // Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту / 36. наук. праць УКРДАЗТ. — 2004. — № 64. — С. 110-117.
5. *Особенности УЗ контроля в радиальном направлении осей колесных пар подвижного состава железных дорог* / Г. Г. Басов, В. Л. Марков, А. Н. Киреев, С. А. Волкова // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2004. — № 3. — С. 49-50.
6. *Голубев А. С., Паврос С. К.* Расчет акустического тракта эходефектоскопа при контроле изделий с криволинейной поверхностью контактным способом // Изв. Ленинград. электротехнич. ин-та. — 1970. — № 89. — С. 122-124.
7. *Розина М. В.* Некоторые особенности УЗ контроля тел вращения // Дефектоскопия. — 1966. — № 4. — С. 16-21.
8. *ГОСТ 14782*. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
9. *Ермолов И. Н.* Теория и практика УЗ контроля. — М.: Машиностроение, 1981. — 240 с.