

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ

УДК 620.179.1

DOI: 10.22213/2413-1172-2026-2-79-85

Экспериментальное исследование чувствительности ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава железных дорог

А. Л. Бобров, доктор технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия
С. А. Бехер, доктор технических наук, профессор, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

Д. И. Школина, кандидат технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

Е. С. Тенитлов, кандидат технических наук, доцент, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

Ультразвуковой контроль осей колесных пар подвижного состава железных дорог направлен на выявление усталостных и производственных дефектов, учитывая размеры этих деталей и значительные расстояния, которые проходят ультразвуковые волны в стали, требует адекватной оценки чувствительности для обеспечения достоверности используемых методик контроля. Поэтому анализ чувствительности к отражателям известных размеров полезен для определения путей повышения надежности методик ультразвукового контроля осей. Исследования в этом направлении являются актуальными. В статье исследовано влияние акустических характеристик объекта и отражателей на формирование отраженных от этих отражателей импульсов при ультразвуковом контроле объектов осей колесных пар вагонов. Для исследований были использованы оси колесных пар грузовых вагонов типа РУ-1Ш и РВ2Ш, в качестве отражателей выступали пропилены, представляющие собой сегменты в заданном сечении. Результаты измерений показывают, что на больших расстояниях от преобразователя источника и приемника импульсов изменения размеров отражателя вносят небольшой вклад в формирование отраженного импульса. Такие результаты характерны как для различных расстояний от 160 до 1900 мм и для случаев контроля как прямым, так и наклонным преобразователями. Учитывая существенные колебания чувствительности, предлагается корректировать порог чувствительности контроля в зависимости от уровня шумов с целью повышения надежности ультразвукового контроля осей подвижного состава железных дорог. Применение такой методики позволит адекватно оценивать чувствительность контроля каждой оси на разных участках и фиксировать ее для дальнейшего сравнительного контроля состояния каждой детали в процессе ее эксплуатации.

Ключевые слова: импульс, неопределенность, ось, сегментный отражатель, ультразвуковой контроль, чувствительность, эхоимпульсный метод, эхосигнал.

Ультразвуковая дефектоскопия толстостенных металлических изделий, как отмечено в справочной литературе [1, 2], затруднена из-за высокой неоднородности материала, в частности, есть сложности с настройкой чувствительности для разных глубин залегания дефектов. С учетом применяемых по ГОСТ 34656–2020 «Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Методы неразрушающего контроля» и ПР НК В.2 «Правила неразрушающего контроля деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. Специальные требования» технологий контроля осей колесных пар вагонов при их изготовлении и ремонте, расстояние от преобразователя до отражателей для разных схем реализации эхоимпульсного метода контроля варьируется от 100 до 1900 мм.

Проблема повышения эффективности ультразвуковой дефектоскопии осей колесных пар подвижного состава железных дорог остается актуальной, что видно по публикуемым исследованиям, направленным на совершенствование как методов [3, 4], так и приборной базы [5, 6] ультразвукового контроля

этого вида объектов как при их изготовлении [7, 8], так и ремонте [9–11].

Опыт работы по ультразвуковому контролю осей на больших расстояниях показывает большие колебания чувствительности. Это во многом связано с существенными колебаниями структуры объекта контроля [12, 13]. Кроме того, как видно из экспериментальных данных по анализу колебаний амплитуды, отраженной от дисковых отражателей различного диаметра, ориентированных нормально к акустической оси преобразователей [14], амплитуда изменяется достаточно сильно с увеличением расстояния до отражателя. В работе [15] показано, что при изготовлении искусственных отражателей возникают технологические проблемы воспроизводимости самой технологии, что влечет за собой низкую воспроизводимость амплитуды акустических импульсов, отраженных от таких отражателей. Более того, даже меры для настройки условной чувствительности, по мнению автора [16], не обеспечивают в должной мере достоверность получаемых результатов контроля. К тому же именно при контроле осей колесных пар свой вклад в неопределенность полу-

чаемых результатов вносит шероховатость поверхности, что показано в работе [17].

Учитывая складывающиеся обстоятельства при дефектоскопии несплошностей, находящихся на достаточно большом расстоянии от преобразователя, возможны дополнительные операции по повышению достоверности обнаружения дефектов на фоне возможных естественных помех, такой подход приведен в работе [18].

Однако вопрос зависимости чувствительности ультразвукового контроля к дефектам эхоимпульсным методом на больших расстояниях в методиках, используемых при ремонте, остается недостаточно изученным. В связи с этим, а также имея возможность получить некоторый массив данных о геометрических параметрах искусственных сегментных отражателей в настроечных образцах и результатах измерений относительных амплитуд, отраженных от этих отражателей импульсов, был проведен анализ связи между этими параметрами.

Цель исследования – статистическая оценка чувствительности ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава для определения путей повышения качества этого контроля.

Методы и материалы исследований

Для исследований были использованы оси колесных пар грузовых вагонов типа РУ-1Ш и РВ2Ш, изготовленных по ГОСТ 33200 «Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия» и используемые в качестве настроечных образцов для ультразвукового контроля осей при их ремонте. Все оси имели искусственные сегментные отражатели, выполненные в соответствии с МИ 07-198-2019 «Методические указания по паспортизации настроечных образцов для неразрушающего контроля деталей вагонов». Оси типа РВ2Ш не были в эксплуатации, и искусственные отражатели были изготовлены в виде пропилов пилами, оборудованными оснасткой с направляющими полотно пилы, обеспечивающей минимальные отклонения плоскости отражения от нормали к оси изделий.

Параметры сегментных отражателей для каждого варианта в осях: h_{\min} и h_{\max} – минимально и максимально допустимые глубины сегментного отражателя; $l_{\text{ном}}$ – номинальное расстояние до отражателя от ближайшего торца оси и Δl приведены на рисунке 1 и в таблице.

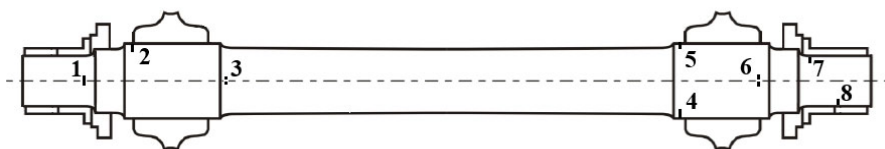


Рис. 1. Ось РУ-1Ш – настроечный образец с искусственными сегментными отражателями 1–8 (отражатель 1 выполняется на лицевой стороне, отражатели 3 и 6 – на противоположной)

Fig. 1. Type RU-1SH - wheelset axle tuning sample with tuning sample with artificial segment reflectors no. 1-8 (reflector 1 is made on the front side, reflectors 3 and 6 made on the opposite side)

Требования к сегментным отражателям в осях – настроечных образцах для осей

Requirements for segment reflectors in tuning samples for axes

№ по рис. 1 / No. in fig. 1	Условный вариант по ПР НК В.2 для осей РУ-1Ш и РВ2Ш / Control variant	h_{\min} , мм / mm	h_{\max} , мм / mm	$l_{\text{ном}}$, мм / mm	Δl , мм / mm	N_y , дБ / dB
1	AR1.2	2,5	4,0	160 (180)*	±3	40
2	AR1.3 (AR1.5)*	2,5	4,0	285	±3	40 (32)*
3	AR3.1	1,5	2,0	490	±5	26
4	AR1.1	3,5	5,0	490	±5	60
5	BR4	1,5	3,0	490	±5	26
6	BR3	1,5	3,0	285	±3	23
7	BR1	1,5	3,0	160 (180)*	±3	13
8	BR2	1,5	3,0	80 (90)*	±3	13

* При различиях в вариантах для осей РУ-1Ш и РВ2Ш вне скобок указаны значения для РУ-1Ш, а в скобках – для РВ2Ш / In case of differences in the options for the RU-1SH and RV2SH axes, the values for RU-1SH are given outside the brackets, and for RV2SH in the brackets

Точные измерения геометрических размеров сегментных отражателей были проведены штангенциркулями с инструментальной погрешностью 0,05 мм и колебались для разных деталей в пределах допусков, приведенных в таблице. Расстояния до отражателей были измерены линейками и рулетками с погрешно-

стью 1 мм. По высоте сегмента каждого отражателя диаметра сечения рассчитали отражающую площадь сегментных отражателей. Площадь сегмента в предельных ситуациях при h_{\min} и h_{\max} отличается во всех случаях кроме отражателя 3 на рисунке 1 практически в два раза.

Измерение параметров ультразвуковых импульсов осуществлено ультразвуковым дефектоскопом УД2-102 с набором преобразователей и оснастки для контроля осей колесных пар на вагоноремонтных предприятиях по правилам ПР НК В.2. Амплитуду отраженных импульсов от сегментных отражателей определяли как максимальное значение относительно амплитуды импульса, отраженного от противоположной поверхности образца СО-2, находящейся на расстоянии 59 мм, при этом не рассматривался вариант BR1 из-за специфической схемы контроля с раздельными излучающим и принимающим преобразователями. В работе приведены результаты в виде измеренного значения амплитуды от отражателя ΔN относительно условной чувствительности, установленной для каждого варианта контроля в ПР НК В.2, то есть с учетом усиления, приведенного в столбце N_y таблицы.

Для минимизации влияния характеристик аппаратуры во всех случаях использовали один и тот же дефектоскоп, набор преобразователей и меру СО-2.

Дополнительно была измерена относительная амплитуда импульсов, прошедших вдоль оси и отраженная от противоположного торца (донный импульс) как среднее значение шести измерений при установке преобразователя в разных точках торца на расстоянии не менее 20 мм от края или технологических отверстий. Этот параметр использовали в связи с тем, что структурное состояние осей может весьма сильно различаться и быть неравномерным по объему детали [19], вносить существенный вклад в затухание ультразвуковых волн и влиять на акустические свойства [20].

Результаты и их обсуждение

Интерес представлял анализ данных в контексте понимания того, какие факторы влияют на чувствительность ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава, а значит, и на его надежность.

На первом этапе проанализировали потенциальную связь максимальной амплитуды, отраженной от сегментного отражателя, с его площадью для каждого варианта измерений.

Характерные результаты измерений максимальной амплитуды импульсов, отраженных от сегментных отражателей каждого варианта, в зависимости от площади S_c этих отражателей приведены на рисунке 2.

В остальных случаях картина разброса амплитудных значений импульсов, отраженных от сегментных отражателей, была аналогична приведенным на рисунке 2. При этом колебания расстояния от источника до приемника было практически одинаковы, и во всех случаях отклонение от номинального расстояния не превышало 1 %.

Как видно из результатов измерений максимальной амплитуды импульсов, отраженных от сегментных отражателей, относительно пороговой условной чувствительности N_y (см. рис. 2), корреляции с площадью отражателей не наблюдается. Коэффициент корреляции амплитуды для сегментных отражателей, находящихся на расстоянии 180 мм при

контроле прямым преобразователем в осях РВ2Ш (оси из одной партии изготовления) был наибольшим и составил менее 0,3. В остальных случаях коэффициент корреляции был значительно меньше. То есть изменение размеров сегментного отражателя не влияет на амплитуду отраженного от него эхоимпульса.

При этом отсутствие корреляции между площадью и амплитудой отраженного импульса наблюдается для всех исследованных вариантов для обоих типов осей. Если разброс значений площади сегментных отражателей в осях РВ2Ш был таким, что наименьшие значения были в 1,5...2,5 раза меньше наибольших, то в осях РУ-1Ш он достигал 3...3,5 раз. Для осей РВ2Ш, взятых из одной партии осей, разброс значений амплитуды (рис. 2, *a* и *c*) существенно меньше разброса амплитуд для осей РУ-1Ш, изготовленных в разное время и на различных предприятиях (см. рис. 2, *b* и *d*).

Из приведенных данных также видно, что для ситуации с контролем наклонными преобразователями разброс значений амплитуд отраженных импульсов несколько меньше, обычно примерно в два раза по сравнению с результатами измерений прямым преобразователем. То есть чувствительность ультразвукового контроля осей при контроле наклонным преобразователем более стабильна, и с этой точки зрения контроль с цилиндрической поверхности наклонными преобразователями предпочтителен.

Для оценки влияния затухания на амплитуду отраженных сигналов сравнили также максимальную амплитуду отраженных импульсов от сегментных отражателей с усредненной амплитудой импульсов от противоположного торца оси (донным импульсом). Все отражатели находились на расстоянии 1750 ± 5 мм от преобразователя и имели площадь в пределах 153...201 мм².

Усредненная амплитуда донного импульса определена как разница усиления между средним значением амплитуды, полученной от противоположного торца оси и усилением, полученным от противоположного торца образца СО-2.

Результаты этих измерений приведены на рисунке 3.

Как видно из результатов измерений, корреляция между величиной донного импульса, отражающего косвенно коэффициент затухания в осевом направлении, и превышения амплитуды отраженных от сегментных отражателей порогового (браковочного) уровня не наблюдается. Коэффициент корреляции между этими параметрами менее 0,15 (см. рис. 3, *a*). Более того, если разбить сегменты на более узкие диапазоны площадей, картина практически не изменится. Например, если взять диапазон 170...180 мм², то корреляции между затуханием и максимальной амплитудой отраженных от сегментных отражателей импульсов также не наблюдается, только разброс значений максимальных амплитуд сокращается, но это следствие ограничения объема данных (см. рис. 3, *b*). При этом видно, что сужение выборки отражателей по площади фактически не сужает диапа-

зон разброса значений амплитуд и максимальных импульсов от сегментных отражателей и донных импульсов. Корреляции между максимальной ам-

плитудой импульсов, отраженных от сегментных отражателей, и донным сигналом от противоположного торца оси не наблюдается.

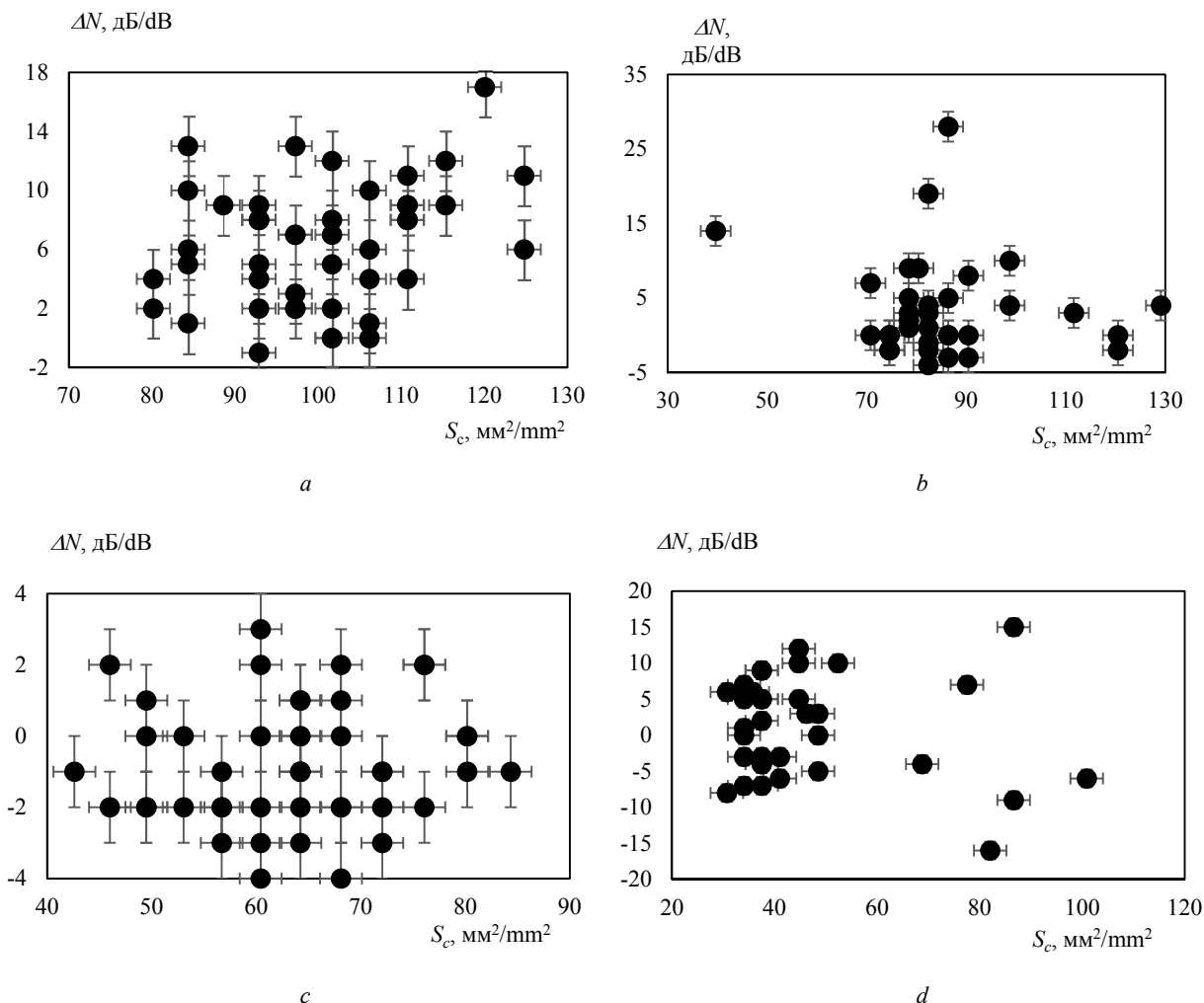


Рис. 2. Результаты измерений максимальной относительной амплитуды импульсов, отраженных от сегментного отражателя прямым преобразователем в шейке оси по варианту AR1.2 – в осях PB2Ш (a) и РУ-1Ш (b), наклонным преобразователем по варианту BR2 – в осях PB2Ш (c), по варианту AR3.1 – в осях РУ-1Ш (d)

Fig. 2. Results of measurements of the maximum relative amplitude of pulses reflected from a segment reflector by a direct transducer in the axle journal according to the variant AR1.2 in axes type RV2SH (a), type RU-1SH (b), and an inclined converter according to the variant BR2 in axle RV2SH (c) to the variant AR3.1 type RU-1SH (d)

Дополнительно следует отметить, что для осей типа РУ-1Ш в некоторых случаях импульсы от сегментных отражателей, несмотря на удовлетворительные геометрические параметры этих отражателей и прозвучиваемость осей, получить импульс, превышающий уровень шумов, не удалось.

Приведенные данные показывают, что реальная чувствительность к отражателям в осях сильно различается для разных деталей и влияния на него контролируемого затухания не наблюдается.

Такой существенный разброс данных и настолько слабая корреляция амплитуды отраженных импульсов с площадью этих искусственных отражателей и прозвучиваемостью осей требуют изменения подхода к настройке чувствительности. Для ее повышения и, как следствие, повышения надежности ультра-

звукового контроля, на наш взгляд, необходима коррекция чувствительности для каждого варианта контроля. Например, при проведении ультразвукового контроля условный уровень чувствительности следует использовать как базовый, а непосредственно на каждой контролируемой детали чувствительность следует менять так, чтобы пороговый уровень был выше уровня шумов на 12 дБ, и с этим уровнем чувствительности сканировать деталь. Это приводит к следующему:

- специалист видит реальный уровень шумов для каждой контролируемой детали и варианта контроля с используемой аппаратурой, может его фиксировать в журнале результатов и оценить реальный уровень чувствительности ультразвукового контроля для каждой зоны конкретной детали;

• получить статистические данные о чувствительности контроля каждого варианта с целью

оценки качества контроля и уровня выявляемых дефектов.

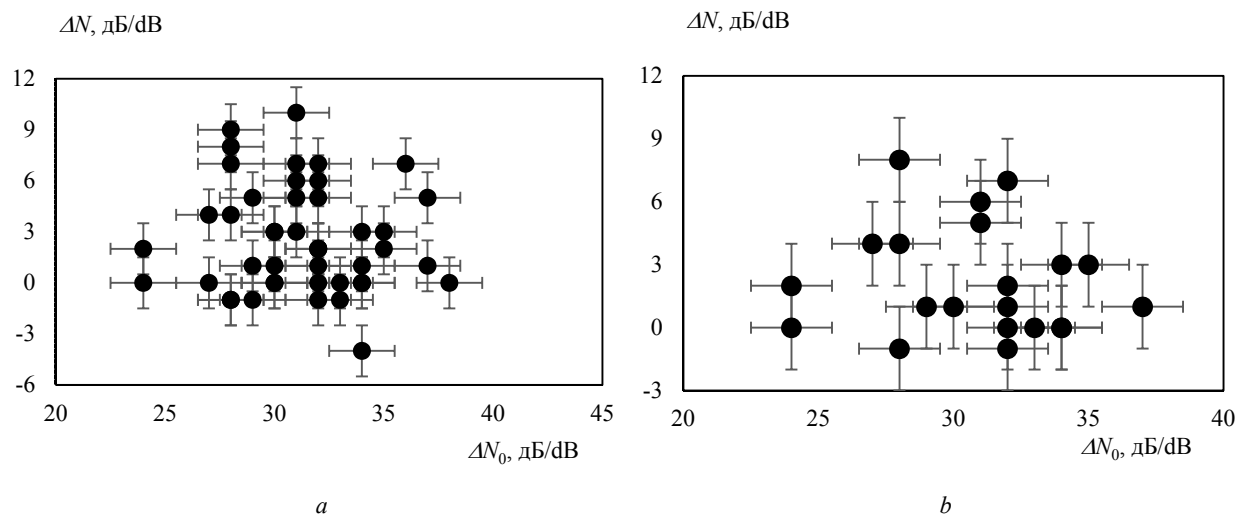


Рис. 3. Результаты измерений максимальной относительной амплитуды отраженного от сегментного отражателя в средней части оси, находящегося на расстоянии 1736 мм от прямого преобразователя, в зависимости от усредненной относительной амплитуды сигналов от противоположного торца оси для всех осей с площадью отражателей 150...201 мм² (a) и с площадью отражателей 170...180 мм² (b)

Fig. 3. Results of measurements of the maximum relative amplitude reflected from a segment reflector in the middle part of the axis, located at a distance of 1736 mm from the direct transducer, depending on the average relative amplitude of signals from the opposite end of the axis for all axes with a reflector area of 150...201 mm² (a) and axes with a reflector area of 150...201 mm² (b)

Анализ чувствительности для разных вариантов показывает, что в этом случае повышается чувствительность контроля до 16 дБ, что при выявленной нестабильности чувствительности даже к плоским сегментным отражателям может только повысить надежность контроля. Другой особенностью такой методики контроля будет повышение числа ложных индикаций дефектных состояний, что потребует более высокой квалификации специалистов, осуществляющих оценку, и дополнительных ресурсов и времени на разделение ложных и дефектных участков.

Выводы

Полученные результаты измерений геометрических размеров сегментных отражателей в осях типа РУ-1Ш и РВ2Ш колесных пар вагонов и относительных амплитуд отраженных импульсов показывают, что на амплитуду на конкретных участках контроля не влияют ни коэффициент затухания оси, ни площадь сегментного отражателя, несмотря на максимально возможное соблюдение воспроизводимости геометрических параметров отражателей (например, отклонения от перпендикулярности относительно оси детали). Это говорит о том, что использование условной чувствительности лишь частично компенсирует метрологическую неопределенность оценки наличия эксплуатационных дефектов типа трещин и требует совершенствования методики ультразвукового контроля при ремонте осей подвижного состава.

В качестве совершенствования надежности ультразвукового контроля осей колесных пар предполагается ввести изменяемый порог чувствительности

в зависимости от уровня шумов при реализации каждого варианта.

Отмечено, что контроль с установкой преобразователей с торца оси несет больший разброс значений амплитуды по сравнению с контролем при сканировании оси наклонными преобразователями с цилиндрической поверхности оси. Это позволяет говорить, что контроль наклонными преобразователями с цилиндрической поверхности приносит меньшую неопределенность результатов контроля и является предпочтительным по сравнению с контролем, проводимым с установкой преобразователей на торцевую поверхность оси.

Поставленная цель исследований чувствительности ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава и некоторых факторов, влияющих на нее для последующего определения путей повышения качества контроля, достигнута.

Библиографические ссылки

1. Кретов Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении : монография. М. : Спектр, 2014. 312 с.
2. Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. Ультразвуковой контроль. Неразрушающий контроль : справочник / под общ. ред. В. В. Клюева. М. : Спектр, 2008. Т. 3. 864 с.
3. Зеркально-теневой метод ультразвукового контроля осей железнодорожных колесных пар с использованием электромагнитно-акустического способа излучения-приема волн / А. В. Платунов, В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, П. А. Никитина // Дефектоскопия. 2023. № 12. С. 3–11. DOI: 10.31857/S0130308223120011
4. Бояркин Е. В., Бехер С. А., Тарновская А. Е. Анализ выявляемости дефектов в средней и подступичной части

оси локомотива волнами Рэлея // Южно-Сибирский научный вестник. 2023. № 4 (50). С. 22–26. DOI: 10.25699/SSSB.2023.50.4.002

5. Патент РФ № 2777471 С1, 04.08.2022. Способ ультразвукового контроля колесной пары рельсового транспорта и стенд для его осуществления / А. В. Дубина.

6. Отока А. Г., Холодильников О. В. Влияние температуры контактной среды на иммерсионный ультразвуковой контроль колесных пар вагонов при ремонте // Известия Транссиба. 2023. № 3 (55). С. 24–33. EDN XDКMWG

7. Киреев А. Н., Витренко В. А. Совершенствование ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава железных дорог // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2016. Т. 75, № 2. С. 116–122. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-2-116-122>. EDN VXQAUJ

8. Киреев А. Н., Ливцов Ю. В., Киреева М. А. Настройка функции временной регулировки чувствительности ультразвуковой аппаратуры по боковому цилиндрическому отражателю при диагностировании деталей подвижного состава // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2024. № 2 (62). С. 66–73. DOI: 10.20291/2079-0392-2024-2-66-73

9. Патент РФ № 2744644 С1, 12.03.2021. Автоматизированный комплекс неразрушающего контроля колесных пар вагонов / А. Т. Казаченко.

10. Кондратенко Е. В., Брылова Т. Б. Совершенствование технологии контроля оси колесной пары ультразвуковым методом на основе дефектоскопов с антенными решетками // Приборы. 2022. № 9 (267). С. 42–53.

11. Данилов В. Н. О некоторых особенностях ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава с боковой поверхности // Тяжелое машиностроение. 2019. № 10. С. 19–25. EDN SZVDXQ

12. Перспективные методы структуроскопии и дефектоскопии материалов и изделий / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, С. А. Баранникова [и др.] ; под ред. В. В. Муравьева. Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2025. 300 с.

13. Суяндиков М. М., Беркета В. В. Исследования ультразвукового метода оценки зернистости металла // Знание. 2020. № 5 (81). С. 86–93.

14. Мелешко Н. В., Иванченко К. Д., Жуков А. Д. Оценка фактических размеров отражателей по их акустическим изображениям // Дефектоскопия. 2025. № 11. С. 14–27.

15. Зубарев А. С., Козловский В. Н. Анализ дефектов образцов с искусственным отражателем типа плоскодонное отверстие и причин их появления // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 3. С. 54–65. DOI: 10.24412/2071-6168-2025-3-54-55

16. Романко А. А. Меры ультразвукового неразрушающего контроля: регламентация технических требований // Измерительная техника. 2023. № 3. С. 55–60. DOI: 10.32446/0368-1025it.2023-3-55-60

17. Опыт применения ультразвуковой технологии TOFD при диагностировании резервуаров / Л. Ю. Могильнер, Н. В. Крысько, М. Т. Идрисов, А. Г. Кусый // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Т. 13, № 5. С. 411–421. EDN XJSLAJ

18. Дымкин Г. Я., Кошица В. Н., Йениш Г. Р. Оперативная характеристика обнаружения как метод оценки достоверности неразрушающего контроля // В мире неразрушающего контроля. 2021. Т. 24, № 2(92). С. 23–26. DOI: 10.12737/1609-3178-2021-23-26

19. Сравнительный анализ характеристик механических свойств и трещиностойкости металла годных и забракованных по прозвучиваемости осей колесных пар / А. Г. Казанцев, А. И. Рымкевич, А. А. Силаев [и др.] //

Вестник Магнитогорского государственного технического университета имени Г. И. Носова. 2010. № 3 (31). С. 35–41.

20. Муравьев В. В., Коробейникова О. В., Кадикова М. Б. Анализ факторов, влияющих на результаты контроля зеркально-теневым методом // Дефектоскопия. 2007. № 9. С. 44–54.

References

1. Kretov E.F. (2014) *Ul'trazvukovaya defektoskopiya v energomashinostroyeni* [Ultrasonic flaw detection in power engineering]. Moscow: Spectrum Publ., 2014, 312 p. (in Russ.).

2. Ermolov I.N., Lange Yu.V. (2008) *Ul'trazvukovoj kontrol'. Nerazrushayushchij kontrol' : spravochnik* [Non-destructive testing : Reference book]. Moscow: Spectrum Publ., 2008, vol. 3, 864 p. (in Russ.).

3. Platonov A.V., Murav'ev V.V., Murav'eva O.V., Nikitina P.A. (2023) [Mirror-shadow method of ultrasonic testing of the railroad wheelset axles using the electromagnetic-acoustic method of wave generation and reception]. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, no. 12, pp. 3-11. DOI: 10.31857/S0130308223120011. EDN XIVYLI (in Russ.).

4. Boyarkin E.V., Becher S.A., Tarnovskaya A.E. (2023) [Analysis of the detectability of defects in the middle and approach parts of the locomotive axis by Rayleigh waves]. *South-Siberian Scientific Bulletin*, no. 4 (50), pp. 22-26. DOI: 10.25699/SSSB.2023.50.4.002 (in Russ.).

5. Dubina A.V. (2022) Patent RF no. 2777471 С1, 04.08.2022 [Method for ultrasonic testing of a wheel set of rail transport and a stand for its implementation. *Sposob ul'trazvukovogo kontrolya kolesnoj pary rel'sovogo transporta i stend dlya ego osushchestvleniya* [Method of ultrasonic testing of a wheel pair of rail transport and a stand for its implementation] (in Russ.).

6. Otoka A.G., Kholodilov O.V. (2023) [Influence of the temperature of the contact medium for immersion ultrasonic testing wheel sets of wagon during repair]. *Journal of Transsib Railway Studies*, no. 3 (55), pp. 24-33. EDN XDКMWG (in Russ.).

7. Kireev A.N., Vitrenko V.A. (2016) [Improvement of ultrasonic control of axles of wheelsets of railway rolling stock]. *Vestnik of the Railway Research Institute*, vol. 75, no. 2, pp. 116-122. DOI: 10.21780/2223-9731-2016-75-2-116-122. EDN VXQAUJ (in Russ.).

8. Kireev A.N., Litvov Yu.V., Kireeva M.A. (2024) [Setting up the function of temporary adjustment of the ultrasonic equipment sensitivity by the lateral cylindrical reflector during rolling stock parts diagnosis]. *Gerald of USURT*, no. 2 (62), pp. 66-73. DOI: 10.20291/2079-0392-2024-2-66-73 (in Russ.).

9. Kazachenko A.T. (2020) Patent RF no. 2744644 С1, 12.03.2021 *Automated complex for non-destructive testing of wagon wheel sets* [Automated complex for non-destructive control of wheel sets] (in Russ.).

10. Kondratenko E.V., Brilova T.V. (2022) [Improvement of the technology of ultrasonic wheelset axle testing based on flaw detectors with antenna arrays]. *Instruments*, no. 9 (267), pp. 42-53 (in Russ.).

11. Danilov V.N. (2019) [Some features of the ultrasonic control of wheel pairs' axes of rolling stock from lateral face]. *Tyazheloye Mashinostroyeniye*, no. pp. 19-25. EDN: SZVDXQ.

12. Murav'ev V.V., Murav'eva O.V., Barannikova S.A. (2025) *Promising methods of structuroscopy and flaw detection of materials and products* [Promising methods of structuroscopy and flaw detection of materials and products]. Izhevsk: Publishing House Kalashnikov ISTU, 300 p. (in Russ.).

13. Suyundikov M.M., Berketa V.V. (2020) [Investigations of the ultrasonic method for assessing metal grain]. *Knowledge*, no. 5 (81), pp. 86-93 (in Russ.).

14. Meleshko N.V., Ivanchenko K.D., Zhukov A.D. (2025) [Assessment of the actual dimensions of reflectors based on their acoustic images]. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, no. 11, pp. 14-27 (in Russ.).
15. Zubarev A.S., Kozlovsky V.N. (2025) [Analysis of defects in samples with an artificial reflector of the “flat-bottomed hole” type and the causes of their occurrence]. *Izvestiya TulGU*, no. 3, pp. 54-65. DOI: 10.24412/2071-6168-2025-3-54-55 (in Russ.).
16. Romanko A.A. (2023) [Ultrasonic non-destructive testing measures: regulation of technical requirements]. *Izmeritel'naya Tekhnika*, no. 3, pp. 55-60. DOI: 10.32446/0368-1025it.2023-3-55-60 (in Russ.).
17. Mogilner L.Yu., Krysko N.V., Idrisov M.T., Kusyy A.G. (2022) [Experience in application of TOFD ultrasonic technology in tank diagnostics]. *Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, vol. 13, no. 5, pp. 411-421 (in Russ.).
18. Dymkin G.Ja., Konshina V.N., Jaenish G.R. (2021) [Operational characteristic of detection as a method for assessing the reliability of non-destructive testing]. *World of Nondestructive Testing*, vol. 24, no. 2 (92), pp. 23-26. DOI: 10.12737/1609-3178-2021-23-26 (in Russ.).
19. Kazantsev A.G., Rimkevich A.I., Silaev A.A. (2010) [Comparative analysis of the characteristics of mechanical properties and crack resistance of metal of acceptable and rejected axles of wheel pairs for soundness]. *Vestnik of Novosibirsk State Technical University*, no. 3 (31), pp. 35-41 (in Russ.).
20. Murav'ev V.V., Korobeinikova O.V., Kadikova M.B. (2007) [Analysis of factors affecting the results of testing via the mirror-shadow method]. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, no. 9, pp. 44-54 (in Russ.).

Sensitivity Research of Ultrasonic Testing of Wheel Pair Axles of Railway Rolling Stock

A.L. Bobrov, DSc in Engineering, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

S.A. Bekher, DSc in Engineering, Professor, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

D.I. Shkolina, PhD in Engineering, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

E.S. Tenitilov, PhD in Engineering, Associate Professor, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

Ultrasound control testing of railway rolling stock wheel axles is to detect fatigue and manufacturing defects taking into account part dimensions and distances sound waves pass in steel, and requires appropriate sensitivity assessment so as the applied testing method to be valid. That is why sensitivity to reflectors of specified sizes is useful to define reliability improvement methods of axle ultrasound testing. Such studies remain quite relevant. The article studies the effect of acoustic characteristics of an object and a reflector on pulses reflected from them during ultrasound testing of railway wagon wheel axles. Wheel axles of railway wagons of PV-1III and PB2III type and notches representing segments in the specified section as reflectors were applied for the study. The study results show that at long distance from source converter and pulse receiver changes in reflector sizes slightly contributes to the reflected pulse generation. This is characteristic both for distances from 160 to 1,900 mm and for the cases when both direct and angle converters are applied for the testing. Taking into account considerable sensitivity variations, it is expected the sensitivity testing level to be adjusted in accordance with noise level to increase the reliability of ultrasound testing of railway rolling stock wheel axles. The application of the discussed method allows for appropriate assessment of sensitivity testing for each axle at different portions and fix it for further comparative testing of every part to be used.

Keywords: pulse, uncertainty, axis, segment reflector, ultrasound test, sensitivity, pulse echo technique, echo signal.

Получено 12.02.2026

Образец цитирования

Экспериментальное исследование чувствительности ультразвукового контроля осей колесных пар подвижного состава железных дорог / А. Л. Бобров, С. А. Бехер, Д. И. Школина, Е. С. Тенитилов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2026. Т. 29, № 2. С. 79–85. DOI: 10.22213/2413-1172-2026-2-79-85

For Citation

Bobrov A.L., Bekher S.A., Shkolinska D.I., Tenitilov E.S. (2026) [Sensitivity Research of Ultrasonic Testing of Wheel Pair Axles of Railway Rolling Stock]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, vol. 29, no. 2, pp. 79-85. DOI: 10.22213/2413-1172-2026-2-79-85 (in Russ.).