

# ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ГОЛОВНОЙ ВОЛНЫ В ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ РЕЛЬСАХ

© 2020 г. Сергей Владиславович Казанцев\*

– *Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,  
Россия 426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7*

*Научный руководитель д.т.н., проф. В. В. Муравьев\*\**

*\*E-mail: sergokazancev@mail.ru; \*\*E-mail: pmkk@istu.ru*

## ВВЕДЕНИЕ

Звеньевой путь в современном мире уступает место бесстыковому. Отсутствие стыков рельсов делает движение локомотивов менее шумным, снижает износ колес вагонных пар, позволяет снизить затраты на содержание рельсов, на материалы, и на тяговое усилие поездов. Но использование бесстыкового пути приводит к возникновению более высоких температурных напряжений в рельсах.

Для контроля напряженного состояния рельсов все чаще применяется анализ распространения головной волны [1]. В работе [2] отмечается более высокая чувствительность головной волны к одноосному напряжению по сравнению с поперечной.

С целью исследования распространения головных волн в области сварных соединений и дефектов рельсов выполнен эксперимент по возбуждению головных волн в рельсовой плети дефектами типа «смятие и вертикальный износ» и сварными стыками.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В ходе исследования были получены сигналы головной волны, возбуждаемой с помощью ультразвукового дефектоскопа DIO1000 PA и специально разработанного П-образного раздельно-совмещенного ультразвукового преобразователя головной волны с резонансной частотой 2,5 МГц в участках рельсовой плети [3].

Скорость головной волны вычислялась с помощью измерения разности временной задержки волны в стандартном образце СО-2 и в рельсе по формуле:

$$C_{ГОЛ} = \frac{b}{(b/C_{СО-2} - \Delta t)} \quad (1)$$

где  $C_{ГОЛ}$  – скорость головной волны в образце,  $b$  – база прозвучивания преобразователя,  $C_{СО-2}$  – скорость распространения головной волны в стандартном образце СО-2,  $\Delta t$  – разность времени пробега головной волны в рельсе и в СО-2.

Скорость головной волны в СО-2 принята за 5900 м/с, база прозвучивания преобразователя – 72 мм. Результаты измерений, сохраненные в текстовых файлах, для стандартного образца СО-2 и для рельса обрабатываются в программной среде MathCAD. С помощью функции интерполяции частота дискретизации сигналов изменяется 204,8

МГц до 1024 МГц. С помощью взаимной корреляции вычисляется задержка  $\Delta t$  между временем распространения волны в рельсе и в СО-2. Случайная погрешность измерений не более 5 м/с. Используемый в работе способ определения скорости не позволяет найти абсолютное значение скорости в связи с определением скорости в эталонном образце (СО-2), что приводит к получению постоянной погрешности ( $\pm 59$  м/с) [4].

Скорость головной волны, рассчитанная по измеренному времени на стометровом участке рельсовой плети с шагом в 1 м, изменяется от 5890 м/с до 5935 м/с, что может говорить о неоднородности одноосного напряженного состояния плети.

В зоне сварных соединений минимальная скорость наблюдается непосредственно в стыке свариваемых рельсов и составляет от 5870 м/с до 5890 м/с для разных стыков. При удалении от стыка на 70...90 мм скорость головной волны увеличивается на 50...70 м/с.

В области дефектов рельсов типа 41.2 «смятие и вертикальный износ» протяженностью 400 мм максимальная скорость головной волны наблюдается в центре дефекта, что примерно на 40 м/с выше средней скорости головной волны по длине рельса. При удалении от центра дефекта на 100 мм в скорость головной волны уменьшается на 80...100 м/с дефекта, а через 200 мм достигает средней скорости по длине рельса. Такое изменение скорости может говорить о неравномерности структурного состояния рельса по его высоте, связанного с технологией изготовления и накоплением повреждений.

## ВЫВОДЫ

В зоне сварного соединения минимальная скорость наблюдается непосредственно в стыке свариваемых рельсов и составляет от 5870 м/с до 5890 м/с для разных стыков. При удалении от стыка на 70...90 мм скорость головной волны увеличивается на 50...70 м/с.

В области вертикального износа головки рельса максимальная скорость головной волны наблюдается в центре дефекта. При удалении от него на 100 мм скорость волны уменьшается на 80...100 м/с дефекта, а через 200 мм достигает средней по длине рельса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Суслов О.А., Новиков А.А., Карабутов А.А., Подымова Н.Б., Жаринов А.Н., Симонова В.А. Использование эффекта акустоупругости с применением лазерных источников и пьезоэлектрических приемников ультразвука для неразрушающего контроля напряженного состояния рельсовых плетей бесстыкового пути // Вестник транспорта Поволжья. 2015. № 1(49). С. 32—43.
2. Алешин Н.П. Современные информационные автоматизированные системы акустического контроля сварки // Автоматическая сварка. 2013. № 10—11(726). С. 67—71.
3. Муравьев В.В., Якимов А.В., Казанцев С.В. Распределение остаточных напряжений и скорости головной волны в рельсах // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2019. Т. 16. № 3. С. 70—76.
4. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.