

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОСЕЙ С БОЛТОВЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Владимир МИРТОВ

Доцент института железнодорожного транспорта Рижского технического университета

Андрей СПУНИТИС

Магистр, ассистент института железнодорожного транспорта Рижского технического университета

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы, связанные с проведением ультразвукового контроля осей колесных пар вагонов типа РУ1Ш, и предлагаются способы, повышающие достоверность контроля.

1. Введение

При эксплуатации подвижного состава огромное количество ответственных деталей и узлов контролируется ультразвуковым методом. Ультразвуковая дефектоскопия является основным методом обнаружения внутренних дефектов осей колёсных пар.

Согласно РД07.09-97, контроль средней и дальней подступичной части оси колёсной пары вагона (кроме зоны под внешней кромкой ступицы колеса) выполняется путём сканирования оси пьезоэлектрическим преобразователем с углом ввода 0° и частотой 2,5 МГц с торца оси РУ1Ш или РУ1. Следует отметить, что ось РУ1 снята с производства и происходит постепенный переход на ось РУ1Ш. Для определения браковочной чувствительности используется поперечный пропилен шириной 2 ± 1 мм и глубиной 4 мм на расстоянии 490 ± 10 мм от ближайшего торца оси РУ1Ш. При этом в РД07.09-97 не оговаривается взаимное расположение эталонных пропилов на образцовой оси по отношению к торцевым болтовым отверстиям оси РУ1Ш, т.е. в утверждённых инструкциях игнорируется факт наличия торцевых болтовых отверстий в эталонной оси.

Описанные в статье эксперименты были выполнены ультразвуковым дефектоскопом UDS2-32. Он имеет достаточно большую амплитуду зондирующего импульса (200В), что позволяет с большой достоверностью обнаруживать слабый эхо-сигнал на фоне.

Анализ результатов эксперимента по определению браковочной чувствительности по эталонному пропилену глубиной 4 мм на расстоянии 490 ± 10 мм от

ближайшего торца оси РУ1Ш показал, что при определённом взаимном расположении эталонного пропила и торцевых болтовых отверстий не удаётся выполнить требование РД07.09-97 – невозможно установить ПЭП в положение, при котором мог бы быть принят эхо-сигнал максимальной амплитуды от эталонного дефекта (требование РД07.09-97 пункт 3.2.3.3.б стр. 35).

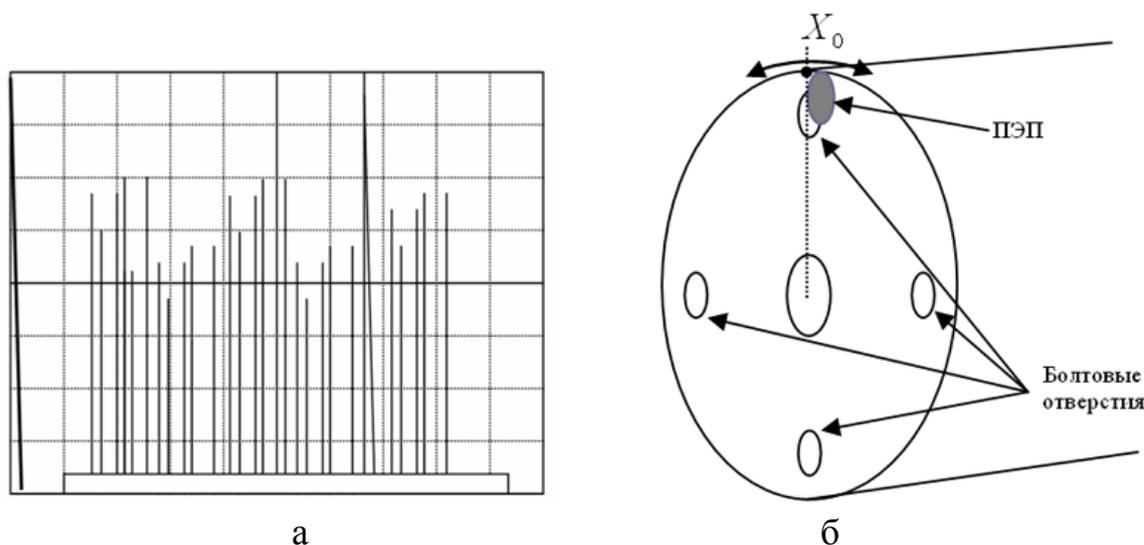


Рис. 1. Контроль средней и дальней зоны оси РУ1Ш с торца:
а – вид экрана дефектоскопа UDS2-32, б – случай перекрытия ПЭП и болтового отверстия

При нахождении ПЭП вблизи болтового отверстия (рис. 1, б) на ЭЛТ дефектоскопа UDS2-32 возникает всплеск шумов и флуктуация (рис. 1, а), которые не позволяют достоверно обнаружить эхо-сигнал от эталонного пропила, а следовательно, и точно определить браковочную чувствительность. В этом случае получаем завышенную чувствительность, которая может привести к перебраковке оси РУ1Ш. При контроле оси с торца в положении, при котором поверхность ПЭП пересекается с торцевым болтовым отверстием, есть вероятность невыявления дефекта оси РУ1Ш.

Этот факт позволяет сделать заключение, что взаимное расположение болтовых отверстий и эталонных пропилов влияет на величину браковочной чувствительности и, как следствие, может послужить одной из причин недостоверности результатов контроля.

Следует отметить, что причина невыявления эхо-сигнала от эталонного дефекта в рассмотренном случае указывает также на недостоверность обнаружения реального дефекта в ситуации, когда ПЭП расположен вблизи болтового отверстия.

2. Исследование причин недоверности контроля, возникающих во время контроля средней и дальней части оси РУ1Ш с торца при нахождении пьезоэлектрического датчика (ПЭП) вблизи болтового отверстия

Для компенсации изменения таких параметров, как сила прижатия ПЭП и неравномерное распределение контактной жидкости между пьезоэлектрической пластиной и поверхностью контролируемого изделия в современных дефектоскопах, реализован блок автоматической регулировки усиления (АРУ). Блок АРУ регулирует усиление дефектоскопа таким образом, чтобы амплитуда донного сигнала от торца оси колёсной пары равнялась половине высоты экрана ЭЛТ. В связи с важностью донного сигнала, который используется блоком АРУ, была проведена серия экспериментов, позволяющих оценить влияние болтового отверстия на донный сигнал. В этих экспериментах измерялась длина дуги от точки X_0 до точки контакта края ПЭП с кромкой торца оси (см. рис. 1, б) и значение усиления, которое обеспечивает высоту эхо-сигнала от торца оси, равной половине экрана ЭЛТ. Результаты экспериментов показаны на рис. 3 пунктирной линией.

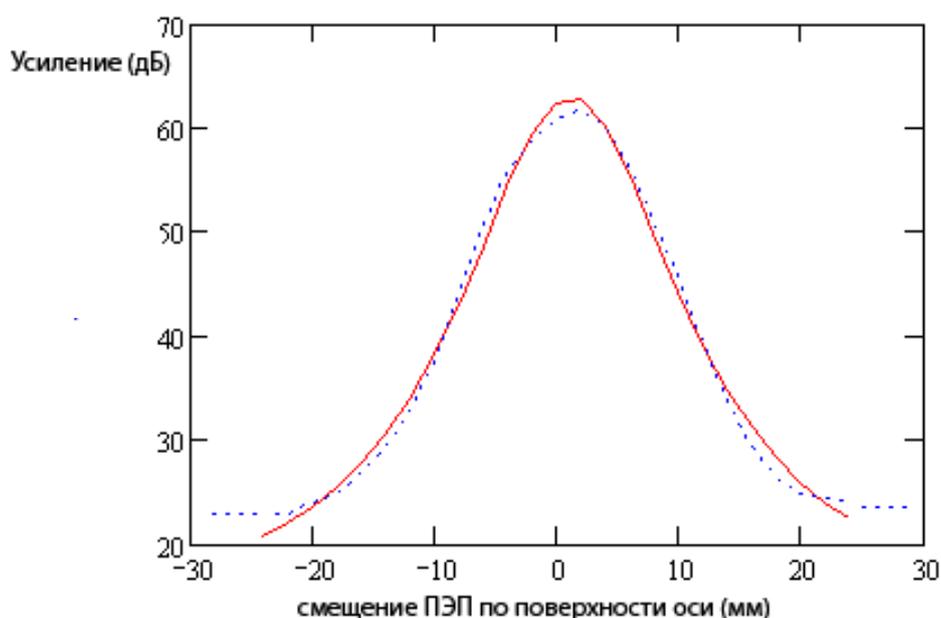


Рис. 2. Зависимость усиления от близости к болтовому отверстию.

Усиление соответствует принятому донному сигналу, величина которого равняется половине высоты ЭЛТ дефектоскопа (____ аппроксим.; __ __ эксперимент)

Из приведённого на рис. 3 графика следует, что величина максимального ослабления принятого эхо-сигнала от торца оси в точке X_0 составляет приблизительно 35 дБ. Приведённую на рис. 2 зависимость можно аппроксимировать функцией $f(x) = 12 + \frac{33.6}{0.66 + 0.005 * x^2} \text{ дБ}$. Полученная формула позволяет аналитически оценить влияние близости болтового отверстия на работу блока АРУ, который, в свою очередь, непосредственно влияет на достоверность контроля.

Экстремум функции, показанный на рис. 3 вблизи болтового отверстия, можно объяснить:

- уменьшением поверхности ультразвукового контакта между пластиной ПЭП и поверхностью торца оси РУ1Ш (минимальное расстояние от кромки торца оси до начала болтового отверстия колеблется от 4 мм до 7 мм);
- рассеиванием энергии ультразвуковых колебаний на резьбе болтового отверстия;
- нахождением части пластины ПЭП в «тени» болтового отверстия.

Согласно аналитическим расчетам для случая максимального перекрытия ПЭП с болтовым отверстием активная площадь ПЭП уменьшится приблизительно в 3 раза, что эквивалентно ослаблению эхо-сигнала в этой точке на 9 дБ. Напомним, что согласно экспериментам эхо-сигнал ослабевает приблизительно на 35 дБ. Оставшиеся 26 дБ ослабления сигнала можно отнести за счёт рассеивания энергии на резьбе болтового отверстия и тем фактом, что часть поверхности ПЭП находится в тени болтового отверстия.

3. Оценка рассеивания энергии на резьбе болтового отверстия и «затенения» активной поверхности ПЭП

Траектории распространения УЗК в оси РУ1Ш, показанные на рис. 3, важны для оценки рассеивания энергии на резьбе болтового отверстия и «затенения» активной поверхности ПЭП.

Обратим внимание на эхо-сигнал, отражённый от торца и ближней шейки оси РУ1Ш, который отображается на экране дефектоскопа сигналом, следующим за эхо-сигналом от торца оси (см. рис. 4).

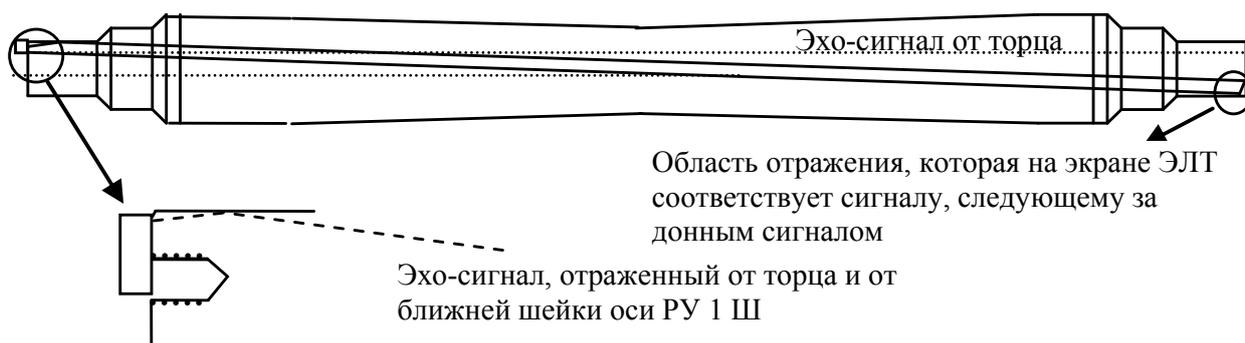
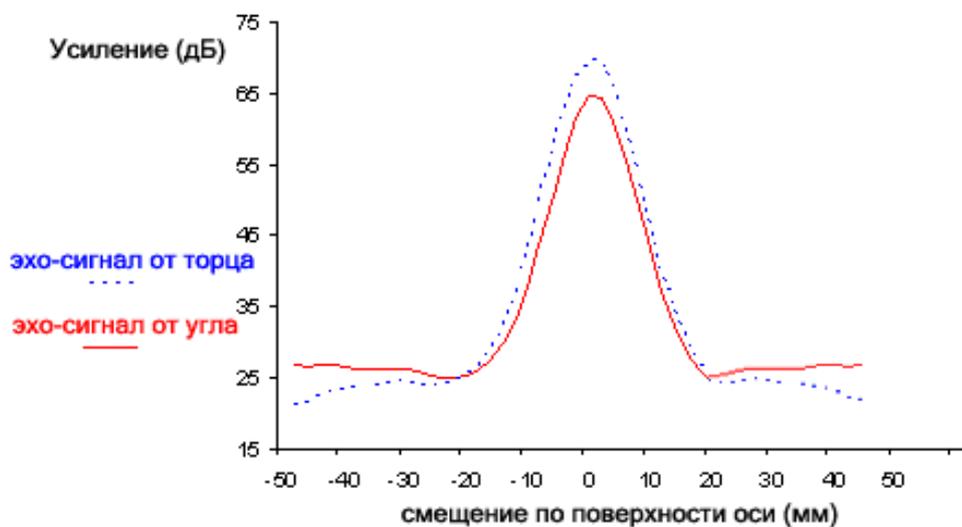


Рис. 3. Прохождение УЗК в оси РУ 1 Ш

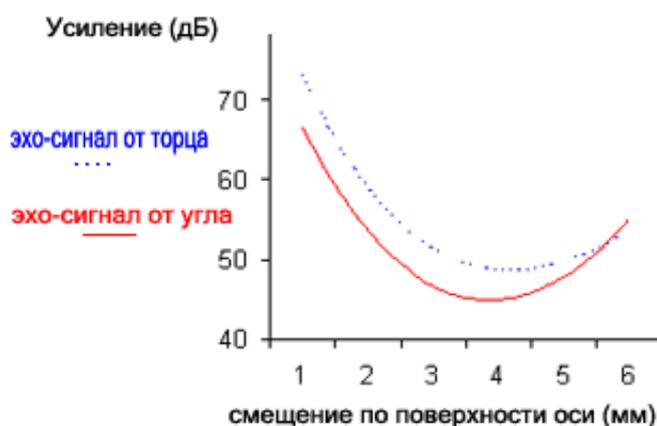


Рис. 4. Принятые эхо-сигналы на экране ЭЛТ УДС2-32 в режиме 02А-ПОИСК для оси РУ1Ш: а – вне болтового отверстия; б – в точке X_0 , которая соответствует месту максимального перекрытия болтового отверстия с ПЭП

Было проведено два эксперимента. В одном случае кромка ПЭП перемещалась вдоль кромки торца оси; а в другом случае край ПЭП перемещался с точки X_0 (рис. 1, б) вверх по линии, проходящей через центр оси и центр болтового отверстия. При перемещении ПЭП усиление УДС2-32 менялось таким образом, чтобы амплитуда каждого из принятых эхо-сигналов составляла половину высоты экрана ЭЛТ. Из первого эксперимента можно сделать вывод, что сигнал, следующий за донным сигналом от торца оси, ослабляется на 13 дБ меньше, чем донный сигнал вблизи болтового отверстия. А из второго эксперимента следует, что поднятие кромки ПЭП на 3 мм вверх от точки X_0 (рис. 1, б) равносильно увеличению усиления на 25 дБ. Результаты экспериментов приведены на рис. 5.



а



б

Рис. 5. Значения усиления эхо-сигналов:

а – при смещении ПЭП вдоль кромки торца оси; б – при смещении края ПЭП вверх по линии, проходящей через центр оси и центр болтового отверстия

4. Выводы

- Мерцание и возникновение леса шумов на экране ЭЛТ UDS2-32 вблизи болтового отверстия возникает за счёт чрезмерного усиления принятых дефектоскопом сигналов.
- Эхо-сигнал от дефекта при нахождении ПЭП вблизи болтового отверстия требует меньшего усиления, чем для случая отсутствия влияния болтового отверстия.
- Из рис. 5, б следует, что поднятие края ПЭП на 3 мм в области болтового отверстия приводит к увеличению поверхности ПЭП, принимающей эхо-сигналы, что равносильно увеличению усиления на 25 дБ.

- Для настройки АРУ следует использовать эхо-сигнал, отражённый от торца и дальней шейки оси РУ1Ш, поскольку:
 - траектория этого сигнала ближе к траектории распространения УЗК, отражённых от дефекта в средней и дальней части оси;
 - величина этого сигнала в меньшей степени ослабляется болтовыми отверстиями на торце оси РУ1Ш.

Литература

1. Ермолов, И. Н.; Алешин, Н. П.; Потапов, А. И. 1991. *Неразрушающий контроль. Книга 2. Акустические методы контроля*. Москва: Высшая школа.
2. Руководство по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов РД 07.09-97. Москва, 1997.