

УДК 620.111.3:629.4.018

*Інженери Крюков Д.О., Хміль М.В.*

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧОРНОВИХ І МЕХАНІЧНО ОБРОБЛЕНИХ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

**Ключові слова:** залізниці, рухомий склад, колісні пари, вісі, контроль якості, акустичні випробування, показники.

Неруйнівний ультразвуковий контроль заснований на отриманні інформації про якість об'єкта контролю з допомогою пружних механічних коливань у його середовищі. При цьому можуть застосовуватися як однакові, так і різні критерії оцінки для заготовок і виробів. Метою даного дослідження є порівняння акустичних характеристик чорнових і механічно оброблених осей та критерії оцінки їх якості.

При проходженні пружних коливань через метали відбувається їх часткове поглинання і розсіювання. При поглинанні звукова енергія перетворюється на теплову, а при розсіюванні залишається звуковою, але за рахунок відбиття від неоднорідностей середовища її інтенсивність зменшується (відбувається збільшення згасання ультразвукових хвиль) [1]. Допустимі дефекти неоднорідності металу чорнових осей викладені в ДСТУ ГОСТ 31334:2009 [2] та ДСТУ ГОСТ 4728:2014 [3].

Як відомо, кількість енергії, яку переносить ультразвукова хвиля за 1с через площадку в  $1 \text{ см}^2$ , що розташована перпендикулярно поширенню хвилі, називається інтенсивністю ультразвуку [4]. Інтенсивність звуку  $I$  плоскої хвилі пропорційна квадрату амплітуди звукового тиску  $P$ :

$$I = \frac{P^2}{2c\rho} \quad \text{Вт/м}^2,$$

де  $c$  - швидкість поширення ультразвукової хвилі,  $\text{м/с}$ ;

$\rho$  - щільність середовища  $\text{кг/м}^3$ .

Дуже часто немає необхідності вимірювати інтенсивність хвилі  $I$  або амплітуду звукового тиску  $P$  в абсолютних одиницях, а досить визначити їх величину відносно деякого відомого або постійного рівня  $I_0$  та  $P_0$ . Для визначення відносної величини  $I/I_0$  та  $P/P_0$  застосовуються спеціальні одиниці – децибелі (дБ). Кількість децибел

$$N = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0}.$$

За допомогою математичних перетворень отримуємо

$$\frac{I}{I_0} = 10^{\frac{N}{10}};$$
$$\frac{P}{P_0} = 10^{\frac{N}{20}}.$$

Таким чином, відносна інтенсивність  $I/I_0$  та звуковий тиск  $P/P_0$  залежать від їх згасання нелінійно (рис. 1, рис. 2). Наприклад, згасання в 5 дБ показує, що інтенсивність ультразвукової хвилі зменшилася в 3,16 раз, а звуковий тиск зменшився в 1,77 рази, при згасанні в 10 дБ інтенсивність зменшилася в 10 разів, а звуковий тиск зменшився в 3,16 раз і т.д.

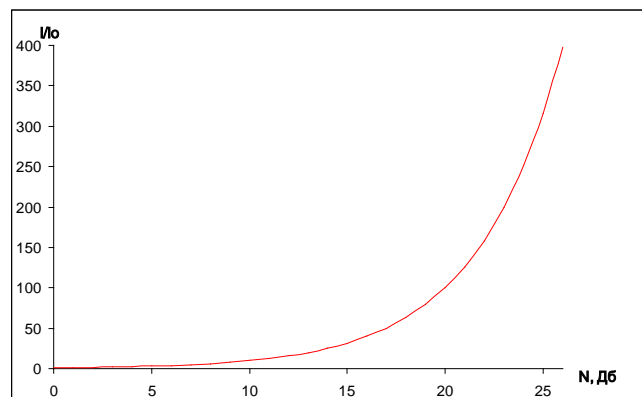


Рис.1- Залежність відносної інтенсивності ультразвуку від його згасання

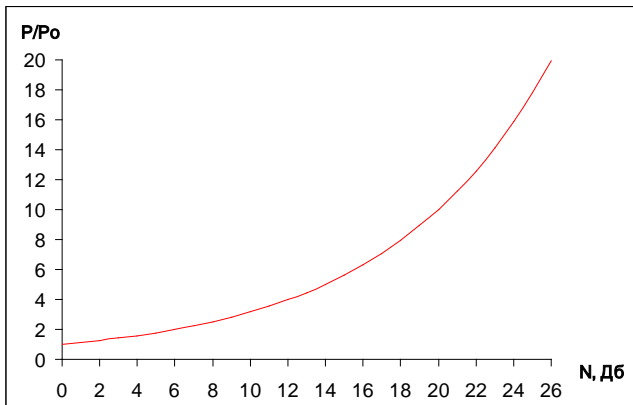


Рис. 2 - Залежність відносного звукового тиску ультразвуку від його згасання

Згідно з вимогами (п. 7.12) ДСТУ 31334:2007 [2] кожній чорновій і чистовій вісі має бути проведений ультразвуковий контроль на прозвучуваність та відсутність внутрішніх дефектів. При цьому згасання ультразвукових коливань на частоті 2,0-2,5 МГц не повинне перевищувати 46 дБ.

Показники акустичних властивостей чорнових і оброблених осей істотно залежить від їх геометрії. Через наявність широких допусків на прокат осей, нечітких переходів між їх діаметрами, слідів від прокатних валків на заготовці чорнова вісь (рис.3) має нестабільні геометричні розміри. Це призводить до флуктуації її прозвучуваності і луна-сигналів в зоні контролю (як по амплітуді, так і за місцем розташування на розгортці дефектоскопа). Чорнову вісь через грубу бічну поверхню неможливо дефектоскопіювати радіально. Всі перераховані вище фактори призводять до обмеження зон контролю, зниження точності визначення прозвучуваності і виявлення порушень суцільності металу. Однак, відсутність у чорновій вісі центрального отвору, а також технологічних елементів для монтажу торцевого кріплення буксового вузла колісної пари (отвори під болти, паз під стопорну планку і т.д.) дозволяє вимірювати згасання ультразвукових хвиль в будь-якій точці торцевої поверхні осі.

Вісь після механічної обробки (рис. 4) має постійну геометрію і форму за кресленням, що забезпечує отримання стабільної осцилограми при її дефектоскопіюванні, знижує до мінімуму флуктуації прозвучуваності (як мінімум в 2 рази по відношенню до чорнових осей). Шорсткість бічної поверхні дозволяє

проводити також радіальне дефектоскопіювання і виявляти відхилення по структурі металу, які не можуть бути виявлені при ультразвуковому контролі з торця осі.



Рис. 3 - Чорнова вісь колісної пари (заготовка для обточування)

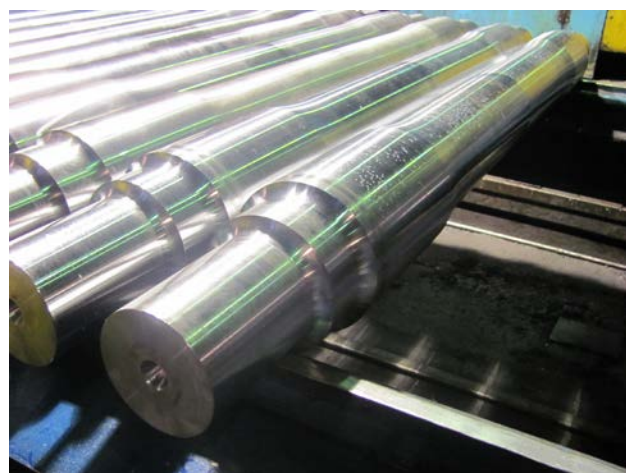


Рис. 4 - Механічно оброблена вісь колісної пари

Дослідження поздовжньої прозвучуваності на різних контрольних колах проводилося на 50 чорнових і 50 механічно оброблених осях, виробництва ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» (м. Кам'янське). Метод виготовлення чорнових осей - поперечно-гвинтовий прокат. Вимірювання згасання ультразвукових коливань проводилися дефектоскопом УД4-Т [5], з перетворювачем П111-2.5-К12-002 [5], за наступними умовами:

- шорсткість торців осей не більше  $Rz \leq 10 \text{ мкм}$ ;
- згасання ультразвукових хвиль визначалося на одних і тих же осях, з обох їх торців, до і після обробки вісі;

– контрольні точки (місця установки перетворювачів), в яких проводилися вимірювання згасання, розташовувалися рівномірно по радіусу торця осі, від центру до бічної поверхні (рис. 5);

– нульовий рівень сигналу визначався на стандартному зразку СО-2 [5]. Після обробки результатів вимірювань була отримана залежність згасання ультразвукових коливань від положення перетворювача на торці вісі, яка представлена на рис. 6.

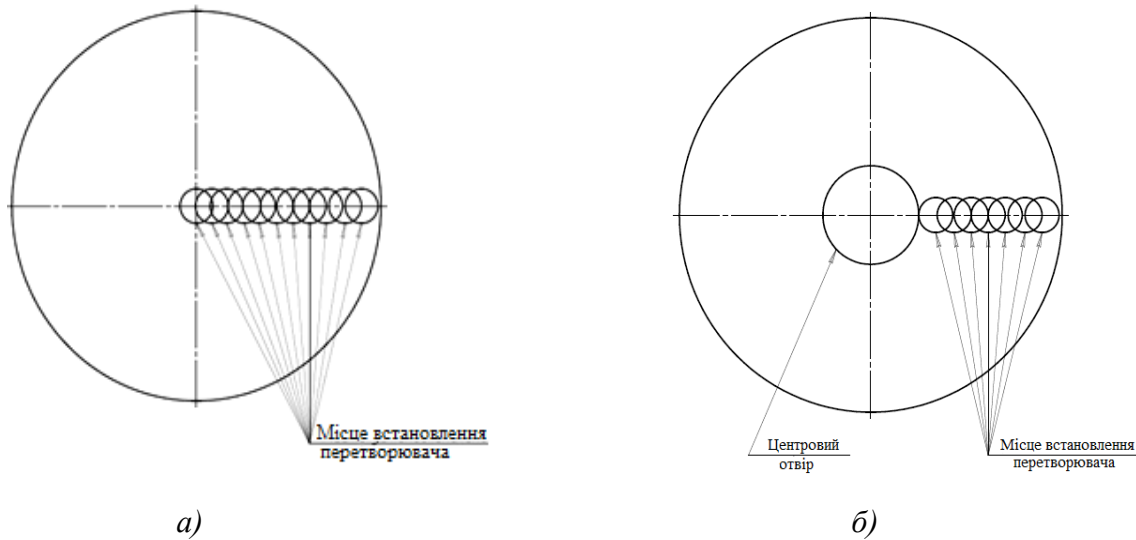


Рис.5 - Схема контролю прозвучуваності вісі з її торця:  
а) до обробки, б) після обробки

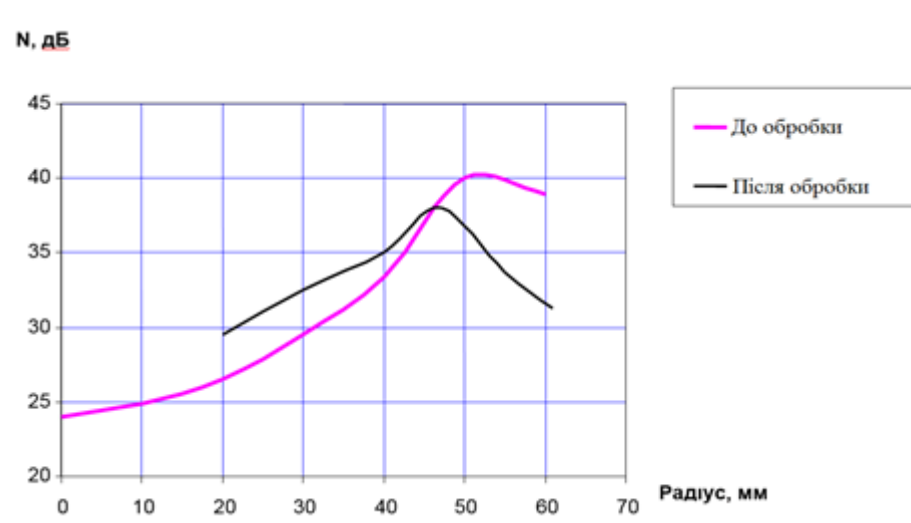


Рис. 6 - Графік залежності згасання ультразвукових коливань від положення датчика на торці вісі

### Висновки

Результати дослідження показали, що:

1. Згасання ультразвукових коливань в осі залежить від положення перетворювача на її торці;

2. Через наявність центрального отвору у осях і зменшеної площі відбивання їх торцевих поверхнями оброблених осей до кола діаметром, приблизно 94 мм, згасання ультразвукового сигналу вище, ніж в чорнових;

3. У чорнових осях згасання на окружності діаметром більше 94 мм вище, ніж в чистових. Це пов'язано зі зростанням впливу бічної поверхні осі - сліди від прокатних валків, нестабільна форма і т.д.

4. На окружності діаметром 94 мм значення згасання в чорнових і чистових осях збігаються.

Таким чином, геометричні розміри, якість бічної поверхні і вибір зони контролю істот-

но впливають на акустичні характеристики осей рухомого складу при їх дефектоскопіюванні. Ці факти повинні враховуватися при розробці нормативної документації на проведення ультразвукового контролю осей при виготовленні колісних пар залізничного рухомого складу.

### *Література*

1. Крауткремер Й. Ультразвуковой контроль материалов: справочник / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.

2. Осі для рухомого складу залізниць колії 1520 мм. Технічні умови (ГОСТ 31334-2007, ІДТ) : ДСТУ ГОСТ 31334:2009. – [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 33 с. – (Нац. стандарт України).

3. Заготівки осьові для залізничного рухомого складу. Технічні умови (ГОСТ 4728-2010, ІДТ: ДСТУ ГОСТ 4728:2014. – [Чинний від 2015-02-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 9 с. – (Нац. стандарт України).

4. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / [під редакцією В.В. Ключова]. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.

5. Универсальный дефектоскоп УД4-ТМ (УД4-Т). Руководство по эксплуатации: ВЛНГ 038 РЭ. – М.: ООО НПК «Техновум». – 105 с.

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

#### **Крюков Дмитро Олексійович,**

начальник відділу приймання вагонів Центру технічного аудиту філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, Україна, 03038.  
Тел.: + 38 068 918 62 49.

E-mail: kryukov.d@gmail.com

#### **Хміль Микола Вікторович,**

старший майстер УТК УЯП ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат».

Вул. Соборна, 18Б, м. Кам'янське, Україна.  
Тел.: + 38 067 753 78 75.

E-mail: S250-Hmil@dmkd.dp.ua

## **Модернізація та ремонт**

УДК 629.4.02

*Канд. техн. наук Матяш В. О.  
Інженер Бова М. М.*

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЗА СЕРІЇ 2ТЕ116 ШЛЯХОМ ЙОГО МОДЕРНІЗАЦІЇ**

*Ключові слова: модернізація, тяговий рухомий склад, тепловоз, вантажні перевезення, конструктивні дані*

#### **Вступ та постановка проблеми**

Ситуація, що склалася на сьогоднішній день у локомотивному господарстві ПАТ «Укрзалізниця» щодо фізичного і морального зносу (старіння) тягового рухомого складу (ТРС), а також невиконання програми його оновлення (закупівлі) призводить до зниження конкурентоспроможності залізничної галузі в порівнянні з іншими видами транспорту. Для

задоволення потреб вантажоперевезення необхідна не тільки заміна існуючого парку новими локомотивів, але й його кількісне нарощування, що є винятково складною задачею з огляду на відсутність в Україні на сьогоднішній день діючих власних виробників ТРС.

**Метою статті** є ознайомлення з відпрацьованими напрямками модернізації тепловоза серії 2ТЕ116, що дають можливість продовжувати строк служби локомотива, з відновленням його експлуатаційного ресурсу й удосконаленням конструкції, з урахуванням нових підходів, направлених на зменшення експлуатаційних витрат.

#### **Постанова проблеми**

Двохсекційний магістральний тепловоз 2ТЕ116 (рис. 1) був створений на Луганському тепловозобудівному заводі на початку другої половини минулого століття для вантажних перевезень. Останній локомотив підприємством було поставлено Укрзалізниці у 1992 році, а експлуатуються вони в Україні вже майже 40 років.