

Могила В.І., Ковтанець М.В., Морнева М.О., Плотніков В.Д.

СПЕЦИФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛІ ЕЛЕМЕНТІВ РАМ ВІЗКІВ ЛОКОМОТИВІВ

Виявлення критичних дефектів є основною проблемою для залізничної галузі. Сьогодні залізничний транспорт піддається підвищеним силовим навантаженням на залізничній колії. Це пов'язано зі збільшенням ваги рухомого складу, а також підвищенням швидкості залізничного транспорту. Рама візка локомотива є одним із основних елементів ходової частини, від справної роботи якого залежить безпека руху поїздів. Сучасні рами візків є звареними конструкціями з використанням литих елементів, у тому числі силових кронштейнів. До встановлення на раму візка її основних елементів проводиться ультразвуковий контроль з метою виявлення внутрішніх неприпустимих несуцільностей металу. Неруйнівний контроль - це єдина можлива технологічна операція, що дозволяє виявляти неприпустимі дефекти в технічних об'єктах і тим самим запобігати виникненню надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті. Джерелом ультразвукових коливань служать п'єзоелектричні випромінювачі. Сучасна ультразвукова дефектоскопія заснована на віддзеркаленні ультразвукових хвиль від дефектів, наявних в матеріалі, і приймання відбитих хвиль спеціальними приймачами. Ультразвукова дефектоскопія застосовується для виявлення головним чином внутрішніх вад деталей, виготовлених з будь-яких матеріалів, в яких поширюється ультразвук. Цей метод контролю дозволяє виявляти як поверхневі, так і внутрішні тріщини, надриви, пузири, шлакові вclusions, корозію і т. д. Досліджено специфічні особливості ультразвукового контролю на прикладі сталевих силових кронштейнів рам візків локомотивів. Наведено графіки результатів розрахунків з математичних співвідношень умов відсутності інтерференції через вплив бічної поверхні виробу при ультразвуковому контролі каблучків силових кронштейнів локомотивних рам візків. Показано, що при ультразвуковому контролі каблучків кронштейнів можуть виконуватись умови існування інтерференції та впливу бічної поверхні на виявлення ультразвуком несуцільностей металу.

Ключові слова: рухомий склад, литі кронштейни, ультразвуковий контроль, бічна поверхня, інтерференція.

Актуальність дослідження. Через значний знос тягового рухомого складу залізниць України виникла проблема його відновлення. Новий рухомий склад повинен відповідати сучасним вимогам за багатьма параметрами, у тому числі щодо безпеки [1, 2, 3, 4].

Експлуатаційна міцність несучих конструкцій рухомого складу залізниць безпосередньо пов'язана з безпекою руху поїздів [5]. Більшість деталей ходової частини рухомого складу схильні до дії напруг, що змінюються в часі. Початком втомного руйнування, зазвичай, служать концентратори напруги, конструктивні або технологічні. Порушення суцільності металу зменшують робочий переріз деталі і, будучи концентраторами напруг, можуть бути початком втомного руйнування [6, 7, 8, 9].

Одним з основних елементів ходової частини локомотива є візок. Сучасні рами візків є звареними конструкціями з використанням литих елементів, у тому числі силових кронштейнів. Для виключення попадання в експлуатацію сталевих силових кронштейнів рам візків локомотивів з неприпустимими внутрішніми несуцільностями проводиться неруйнівними методами контролю металів, які дозволяють безпечно дослідити стан різних виробів та конструкцій. Такі методи не вимагають демонтажу або виведення виробу з експлуатації. Крім того, вони не завдають будь-яких пошкоджень. Неруйнівний контроль металу включає різні методи, застосування яких може дати повну картину технічного стану деталі або конструкції. Один із найбільш зручних та ефективних методів – це ультразвуковий контроль металу, який і в даний час є одним з основних методів неруйнівного контролю. Методи ультразвукової дефектоскопії дозволяють проводити контроль зварних з'єднань, судин та апаратів високого тиску, трубопроводів, поковок, листового прокату та іншої продукції. Ультразвуковий контроль є обов'язковою процедурою при виготовленні та експлуатації деталей залізничного транспорту.

Постановка проблеми. У порівнянні з іншими методами неруйнівного контролю ультразвуковий метод має важливі переваги:

- висока чутливість до найбільш небезпечних дефектів типу тріщин та непроварів,
- низька вартість,
- безпека для людини (на відміну від рентгенівської дефектоскопії),
- можливість вести контроль безпосередньо на робочих місцях без порушення технологічного процесу,
- під час проведення УЗК досліджуваній об'єкт не пошкоджується,
- можливість проводити контроль виробів із різноманітних матеріалів, як металів, так і неметалів.

Ультразвукові (високочастотні) хвилі проникають усередину виробу і, зустрічаючи на своєму шляху дефект, відхиляються від траєкторії та спотворюються. За такими спотвореннями оператор може визначити тип дефекту та його місцезнаходження. Також за допомогою ультразвуку можна здійснювати контроль розшарування металів.

Зручність ультразвукового контролю полягає у мінімальній підготовці досліджуваної поверхні. Для отримання точних та достовірних результатів достатньо видалити з виробу поверхневі забруднення, іржу та нанести на поверхню машинне масло для кращого поширення високочастотних хвиль.

Ультразвуковий контроль металу дозволяє виявити:

- - тріщини;
- - волосинки;
- - непровари шва;
- - шлакові включення;
- - пори;
- - корозію;
- - нориці та розшарування.

У поверхневих шарах сталевих виливків можуть знаходитися несучільності металу, що виходять і не виходять на поверхню [10, 11]. У процесі остаточної механічної обробки силових кронштейнів у складі рам візків додатково знімається метал, у тому числі на поверхнях сканування. Несучільності, виявлені при ультразвуковому контролі і що знаходяться в зоні металу, що знімається, необхідно пропустити, а кронштейни з, що залишаються в процесі остаточної механічної обробки, недопустимими несучільностями металу, передаються на ремонт.

Проблема полягає в тому, що необхідно визначити глибину залягання несучільності не тільки щодо поверхні сканування ультразвуковим перетворювачем, але й глибину її проникнення в тіло вилівка. Це можна реалізувати, контролюючи ультразвуком вилівок із двох взаємно перпендикулярних площин. При ультразвуковому контролі з іншої поверхні необхідно зафіксувати непохитність у бічній поверхні вилівки. Виявлення ультразвуком несучільності у бічній поверхні має особливості. Бічна поверхня впливає на амплітуду сигналу відбитого від несучільності металу, розташованої поблизу бічної поверхні.

Теоретичний аналіз дослідження. Загальні питання виявлення несучільностей металу ультразвуковим луно-імпульсним методом і питання впливу бічної поверхні виробу розглянуті в [12, 13, 14, 15]. В [12, 13] представлені співвідношення умов відсутності інтерференції через вплив бічної поверхні. Питаннями теорії впливу бічної поверхні виробу виявлення ультразвуком несучільностей металу займалися в роботах [16, 17, 18]. Однак у цих роботах розглядалася зміна амплітуди луно-сигналу від донної поверхні чи від відбивачів для великогабаритних виробів, коли відстань до відбивача становить кілька сотень міліметрів. Відсутній аналіз впливу бічної поверхні при виявленні несучільностей з відривом до ста міліметрів.

Метою даної роботи є обґрунтування необхідності встановлення впливу бічної поверхні при виявленні ультразвуком несучільностей металу в поверхневих шарах вилівок силових кронштейнів локомотивів ультразвуковим луно-імпульсним методом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Виконати розрахунок умов впливу бічної поверхні при ультразвуковому контролі каблучків кронштейнів та за результатами розрахунку побудувати графіки.

2. Визначити значення параметрів при ультразвуковому контролі каблучків кронштейнів, необхідних для проведення розрахунку впливу бічної поверхні.

3. За результатами аналізу виконаного розрахунку та графіків визначити зону виконання умов виникнення інтерференції.

Викладення основного матеріалу дослідження. Амплітуда луно-сигналів при ультразвуковому контролі залежить від форми, розміру, розташування та просторової орієнтації несучільностей в металі. Проведено дослідження форми та розташування раковин у підповерхневих шарах вилівок силових кронштейнів [15]. У процесі дослідження спостерігалися раковини, розташовані окремо та групами. Досліджувані раковини (крім усадкових), переважно, знаходяться в підповерхневому шарі, деякі з них виходять на поверхню. Глибина залягання їх почала від бічної поверхні вилівки від 2 до 12 мм.

Зазвичай контроль внутрішніх несучільностей металу поза межами підповерхневої зони сканування каблучків кронштейнів проводять ультразвуковим луно-імпульсним методом, прямим поєднаним перетворювачем з круглим п'єзоелементом. При розповсюдженні ультразвукових хвиль поблизу бічної поверхні об'єкта контролю виникає інтерференція прямо луно-сигналу, що пройшов, з сигналом, що випробував на шляху від перетворювача до несучільності одноразове відображення від бічної поверхні. Для виникнення інтерференції необхідне одночасне виконання двох умов [16, 17]:

1. Бічний промінь ультразвукового поля перетворювача торкався б бічній поверхні об'єкта контролю..

2. Різниця шляхів, що прямо пройшов промінь і відбитого від бічної поверхні повинна бути настільки малою, щоб відповідні імпульси накладалися один на одного.

В [16, 7] представлені математичні співвідношення двох умов відсутності інтерференції при ультразвуковому контролі несучільностей у бічній поверхні.

Співвідношення, що визначає першу умову відсутності інтерференції, має вигляд:

$$\theta \approx m/(0,5l) > N\lambda/a \quad (1)$$

Тут кут θ визначає ширину діаграми спрямованості перетворювача, m – відстань перетворювача від бічної поверхні, l – відстань від поверхні сканування до несучільності, $2a$ – діаметр п'єзоелемента, N – числовий коефіцієнт, що залежить від форми п'єзоелемента.

Для перетворювача з круглим п'єзоелементом $N=0,54$ [16], тому співвідношення (1) має вигляд:

$$m > 0,27l\lambda / a \quad (2)$$

Співвідношення, що визначає другу умову відсутності інтерференції:

$$2\sqrt{0,25l^2 + m^2} - l > \tau c \quad (3)$$

де τ – тривалість імпульсу,

c – швидкість поздовжніх хвиль.

При цьому передбачається, що на шляху від перетворювача до несучільності і зворотний промінь, що інтерферує, відбивається від бічної поверхні одноразово [18-22].

За співвідношеннями (2) і (3) виконані розрахунки для умов контролю каблучків силових кронштейнів. Товщина каблучків кронштейнів досягає 100 мм. Приймаємо $\tau = 4T$ (імпульс ультразвукової хвилі містить 4 періоди коливань T) та враховуючи, що $c = \lambda / T$ [23], тоді $\tau c = 4\lambda$. λ визначається із співвідношення $\lambda = c / f$

Розрахунок виконаний для частоти 2,5 МГц прямого поєднаного перетворювача з круглим п'єзоелементом діаметром $2a = 12$ мм (контроль поздовжніми хвилями).

Приймаючи швидкість поздовжніх хвиль у сталі $c = 5,92 \cdot 10^6$ мм/с [24], для частоти 2,5 МГц довжина поздовжньої хвилі $\lambda = 2,37$ мм.

Для зручності побудови графіків приймаємо такі позначення виразів:

$$G = \tau c, \quad F = 2\sqrt{0,25l^2 + m^2} - l, \quad K = 0,27l\lambda / a.$$

Вираз (2) першої умови відсутності інтерференції має вигляд: $m > K$.

Вираз (3) першої умови відсутності інтерференції має вигляд: $F > G$.

Тоді для виникнення інтерференції прямо пройшов імпульс ультразвукової хвилі з імпульсом відбитим від бічної поверхні необхідне одночасне виконання умов:

$$m \leq K, \quad F \leq G$$

За результатами розрахунків величини побудовано графік (рисунок 1).

Для діаметра п'єзоелемента 12 мм мінімальне значення $m_{\min} = 6$ мм.

По графіку (рисунок 1) для ординати $K_1 = 6$ мм можна знайти значення l_1 що відповідає початку виконання умови інтерференції.

Аналітично значення l_1 перебуває з рівняння:

$$m = 0,27l\lambda / a \quad (4)$$

$$\text{Звідки } l_1 = \frac{ma}{0,27\lambda} = 56,3 \text{ мм}$$

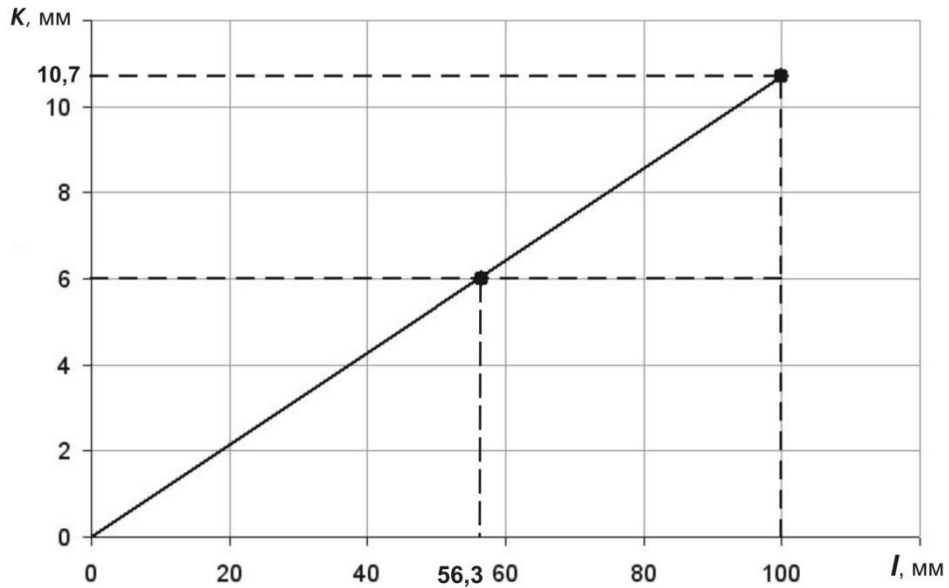


Рисунок 1 – Розрахункова залежність величини K на відстані l від поверхні сканування до суцільності

При $l < 56,3$ для $m=6$ виконується перша умова відсутності інтерференції. Для $l \geq 56,3$ виконується перша умова виникнення інтерференції.

Максимальне значення $l=100$ мм визначається розміром бічної поверхні каблучка кронштейна. Максимальна величина m , для якої виконується перша умова виникнення інтерференції знаходимо з рівняння (4): $m = 10,7$ мм

За результатами розрахунків величин F , G побудовані графіки (рисунок 2).

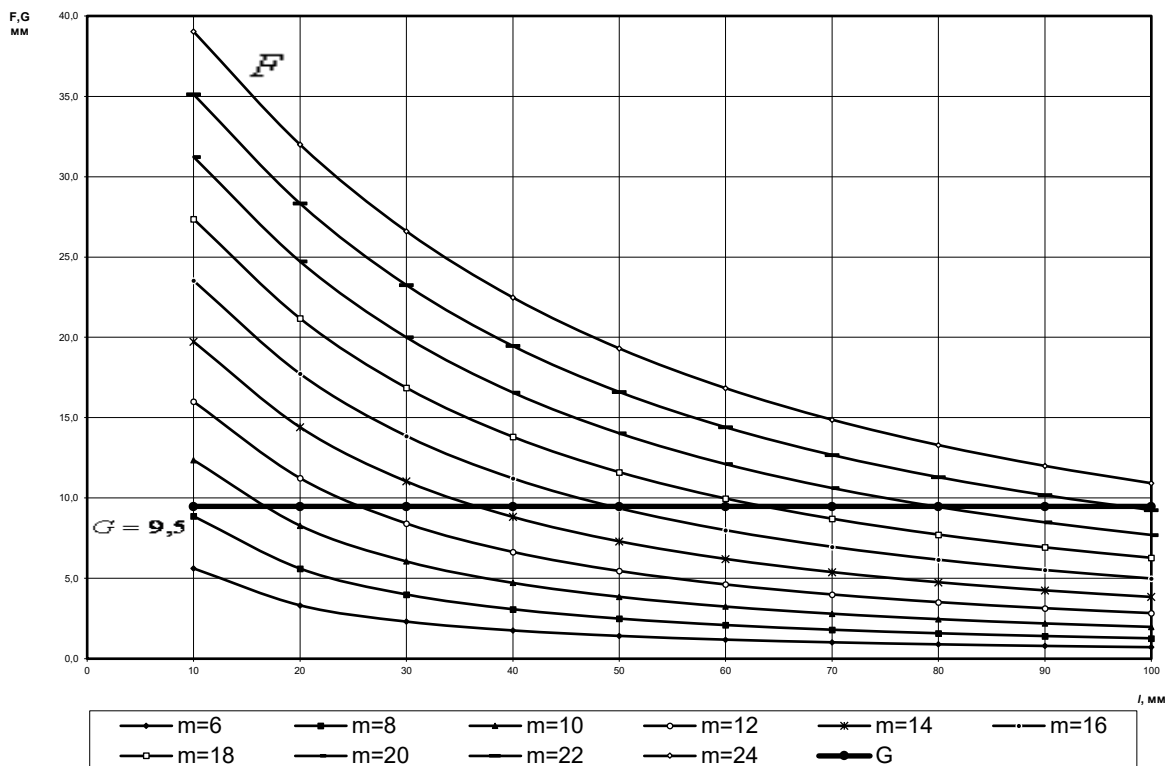


Рисунок 2 – Розрахункова залежність величин F , G на відстані l від поверхні сканування до несучільності

З рівняння $F = G$ визначимо максимальне значення m для виконання другої умови виникнення інтерференції для $l_1 = 56,3$ мм:

$$m = \sqrt{\frac{(4\lambda + l)^2}{4} - 0,25l^2} = 17 \text{ мм}$$

а для $l = 100$ мм розрахункове максимальне значення $m = 22,3$ мм для виконання другої умови виникнення інтерференції для $l_1 = 56,3$ мм:

З аналізу випливає, що обидві умови виникнення інтерференції прямо пройшов імпульс ультразвукової хвилі з імпульсом відбитим від бічної поверхні можуть виконуватися на ділянці $56,3 \leq l \leq 100$ мм.

При виявленні ультразвуком несучільностей на бічній поверхні кронштейнів виникатимуть умови інтерференції, що, отже, впливає на амплітуду луно-сигналу від несучільності. Для уникнення помилок у вимірюванні амплітуди луно-сигналу від несучільності на бічній поверхні необхідно визначити вплив бічної поверхні при виявленні ультразвуком несучільностей в поверхневих шарах виливків силових кронштейнів.

Висновки. Аналізом публікацій встановлено, що у роботах розглядався вплив бічної поверхні зміну амплітуди луно-сигналу від донної поверхні чи від відбивачів для великогабаритних виробів, коли відстань до відбивача становить кілька сотень міліметрів. Показано, що біля бічної поверхні виливок силових кронштейнів необхідно виявляти порушення суцільності металу.

Виконано розрахунок умов впливу бічної поверхні на виявлення несучільностей при ультразвуковому контролі силових каблучків кронштейнів, внаслідок чого, визначено значення параметрів при ультразвуковому контролі каблучків кронштейнів, необхідних для проведення розрахунку впливу бічної поверхні. Встановлено, що товщина каблучків силових кронштейнів досягає 80-100 мм.

За результатами розрахунку встановлено, що при ультразвуковому контролі каблучків кронштейнів можуть виконуватися умови існування інтерференції через вплив бічної поверхні та обґрунтовано необхідність встановлення впливу бічної поверхні при виявленні ультразвуком несучільностей у поверхневих шарах виливків силових кронштейнів.

Проведено розрахунки за двома співвідношеннями умов відсутності інтерференції при ультразвуковому контролі каблучків кронштейнів, в результаті яких побудовано графіки. Встановлено, що значення величини за першою умовою відсутності інтерференції має перевищувати 107 мм, за другою – 223 мм. Обидві умови виникнення інтерференції прямо пройшов імпульсу ультразвукової хвилі з імпульсом відбитим від бічної поверхні при контролі каблучків кронштейнів можуть виконуватися на ділянці $56,3 \leq l \leq 100$ мм.

Л і т е р а т у р а

1. Візник Р.І., Красюк О.Г., Ловська А.О., Шкабров О.А. Удосконалення конструкції вантажних вагонів з метою адаптації їх до взаємодії із залізнично-поромною складовою комбінованого руху // Залізничний транспорт України, 2011, №3 – С. 13-17.
2. Зубко А.П., Москалець В.Я., Сіраков В.В. Система управління якістю, як складова ефективності реформування залізничного транспорту України // Залізничний транспорт України, 2010, – №3 – С. 62-63.
3. Данько М.І., Балака Є.І., Зоріна О.І., Семенцова О.В. Концепція системного підходу до реформування залізничного транспорту України // Залізничний транспорт України – 2011, №5 – С. 6-8.
4. Данько Н.И., Тартаковский Э.Д., Ломотько Д.В., Фалендыш А.П., Калабухин Ю.Е. Проблемы обновления подвижного состава железных дорог Украины и пути их решения с учетом жизненного цикла // Залізничний транспорт України, 2011, №3 – С. 22-25.
5. Кудрицька Н.В. Імовірнісний методологічний підхід до оновлення транспортних засобів // Залізничний транспорт України, 2010, №1. – С. 52-54.
6. Ломинога И.В. Обоснование затрат для обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте // Залізничний транспорт України, 2012, №2 – С. 18-19.
7. Ломотько Д.В., Бутько Т.В., Розсоха О.В. Аналіз теоретичних підходів щодо оцінки ефективності роботи залізниць України // Залізничний транспорт України, 2012, №2 – С. 36-38.
8. Тройникова Е.Н. Затраты на безопасность в структуре себестоимости перевозок // Залізничний транспорт України, 2012, №1 – С. 56-57.
9. Дьомін Р.Ю., Черняк Г.Ю. До оцінки втомної довговічності несучих конструкцій екіпажної частини локомотивів // Залізничний транспорт України, 2010, №1 – С. 38-41.
10. Горбунов М.І. Обґрунтування концепції вдосконалення об'єктів залізничної техніки на підставі теорії прийняття рішень: Монографія / М.І. Горбунов, М.В. Ковтанець, О.В. Сергієнко, Т.М. Ковтанець – Одеса: КУПРІСНКО СВ, 2020. – 98 с.
11. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
12. Отливки из чугуна и стали. Термины и определения дефектов: ГОСТ 19200 – 80. – [введ. 1981-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 13 с.
13. Литейные дефекты и способы их устранения / [Лакедомский А.В., Кваша Ф.С., Медведев Я.И. и др.] – М.: Машиностроение, 1972. – 152 с.
14. Воронин Ю.Ф. «Атлас литейных дефектов». Черные сплавы / Ю.Ф. Воронин, В.А. Камаев. – М.: Машиностроение – 2005. – 328 с.

15. Скальський В.Р. Модель оцінки залишкової довговічності рами візка локомотива з урахуванням повзучості / В.Р. Скальський, І.Я. Долінська, Д.В. Рудавський, Р.Я. Ярема, В.Р. Бас // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2015, № 1 (55). – С. 54-61.
16. Алешин Н.П. Методы акустического контроля металлов / Н.П. Алешин, В.Е. Белый, А.Х. Вopilкин и др.; Под ред. Н.П. Алешина. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.
17. Marcus P. Corrosion mechanisms in theory and practice. Second edition, revised and expanded. CRC Press. 2002. – 768p. <https://doi.org/10.1201/9780203909188>.
18. Ji-Dong Gu Uhlig's corrosion handbook, third edition / Ji-Dong Gu, Timothy E. Ford, R. Mitchell // John Wiley & Sons, Inc. 2011. – P. 915-927. <https://doi.org/10.1002/9780470872864.ch39>.
19. Бондаренко О.І. Методи низькочастотної акустичної дефектоскопії з сухим контактом в системі «перетворювач-виріб» / О.І. Бондаренко // Технічна діагностика і неруйнівний контроль. – Харків, 2010. – №1. – С. 38-44.
20. Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
21. Могила В.І. Поетапне продовження життєвого циклу тягового рухомого складу / В.І. Могила, М.В. Ковтанець, М.В. Гупалов, Т.М. Ковтанець, М.М. Вакулік // Наукові вісті Давіського університету, № 21, 2021. Електронне наукове фахове видання. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-14>
22. Ткаченко В. Динамічна взаємодія рухомого складу і колії на лініях швидкісного руху сумішеного з вантажним: монографія / В. Ткаченко, С. Сапронова, Н. Брайковська, В. Твердомед. – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021. – 240 с.
23. Метрологія, стандартизація та сертифікація в неруйнівному контролі: Навчальний посібник / В.Ф.Петрик, А.Г. Протасов, К: НТУУ «КПІ», 2015. – 266 с.
24. Цапенко В.К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник / В.К. Цапенко, Ю.В. Куц; –Київ: НТУУ «КПІ», 2009. – 431 с.

References

1. Vizniak R.I., Krasiuk O.H., Lovska A.O., Shkabrov O.A. Udoshkalennia konstruktssii vantazhnykh vahoniv z metoiu adaptatsii yikh do vzaiemodii iz zaliznychno-poromnoiu skladovoiu kombinovanoho rukhu // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2011, №3 – S. 13-17.
2. Zubko A.P., Moskalets V.Ia., Sirakov V.V. Systema upravlinnia yakistiu, yak skladova efektyvnosti reformuvannia zaliznychnoho transportu Ukrainy // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2010, – №3 – S. 62-63.
3. Danko M.I., Balaka Ye.I., Zorina O.I., Sementsova O.V. Kontseptsiia systemnoho pidkhodu do reformuvannia zaliznychnoho transportu Ukrainy // Zaliznychnyi transport Ukrainy– 2011, №5 – S. 6-8.
4. Danko N.Y., Tartakovskiy Э.Д., Lomotko D.V., Falendysh A.P., Kalabukhyn Yu.E. Problemy obnoveniia podvyzhnogo sostava zheleznykh doroh Ukrainy y puty ykh resheniia s uchedom zhyznennoho tsykla // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2011, №3 – S. 22-25.
5. Kudrytska N.V. Imovirnisnyi metodolohichni pidkhid do onovlennia transportnykh zasobiv // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2010, №1. – S. 52-54.
6. Lomynoha Y.V. Obosnovanye zatrat dlia obespecheniia bezopasnosti na zheleznodorozhnom transporte // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2012, №2 – S. 18-19.
7. Lomotko D.V., Butko T.V., Rozsokha O.V. Analiz teoretichnykh pidkhodiv shchodo otsinky efektyvnosti roboty zaliznyts Ukrainy // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2012, №2 – S. 36-38.
8. Troinykova E.N. Zatraty na bezopasnost v strukture sebestoymosti perevozok // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2012, №1 – S. 56-57.
9. Domin R.Iu., Cherniak H.Iu. Do otsinky vtomnoi dovhovichnosti nesuchykh konstruktssii ekipazhnoi chastyny lokomotyviv // Zaliznychnyi transport Ukrainy, 2010, №1 – S. 38-41.
10. Horbunov M.I. Obgruntuvannia kontseptsii vdoskonalennia ob'ektiv zaliznychnoi tekhniki na pidstavi teorii pryiniattia rishen: Monohrafiia // M.I. Horbunov, M.V. Kovtanets, O.V. Serhiienko, T.M. Kovtanets – Odesa: KUPRIIEINKO SV, 2020. – 98 s.
11. Pysarenko H.S. ta in. Opir materialiv: Pidruchnyk / H.S. Pysarenko, O.L. Kvitka, E.S. Umanskyi – K.: Vyshcha shk., 2004. – 655 s.
12. Otlivky yz chuhuna y staly. Termyny y opredeleniia defektov: HOST 19200 – 80. – [vved. 1981-07-01]. – M.: Yzdatelstvo standartov, 1989. – 13 s.
13. Lyteinye defekty y sposoby ykh ustraneniia / [Lakedomskiy A.V., Kvasha F.S., Medvedev Ya.Y. y dr.] – M.: Mashynostroeniye, 1972. – 152 s.
14. Voronyn Yu.F. «Atlas lyteinykh defektov». Chernyye splavy / Yu.F. Voronyn, V.A. Kamaev. – M.: Mashynostroeniye, – 2005. – 328 s.
15. Skalskyi V.R. Model otsinky zalyshkovoi dovhovichnosti rami vizka lokomotyva z urakhuvanniam povzuchosti / V.R. Skalskyi, I.Ia. Dolinska, D.V. Rudavskiy, R.Ia. Yarema, V.R. Bas // Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu, 2015, № 1 (55). – S. 54-61.
16. Aleshyn N.P. Metody akustycheskoho kontroliia metallov / N.P. Aleshyn, V.E. Belyi, A.X. Vopylkin y dr.; Pod red. N.P. Aleshyna. – M.: Mashynostroeniye, 1989. – 456 s.
17. Marcus P. Corrosion mechanisms in theory and practice. Second edition, revised and expanded. CRC Press. 2002. – 768 p. <https://doi.org/10.1201/9780203909188>.
18. Ji-Dong Gu Uhlig's corrosion handbook, third edition / Ji-Dong Gu, Timothy E. Ford, R. Mitchell // John Wiley & Sons, Inc. 2011. – P. 915-927. <https://doi.org/10.1002/9780470872864.ch39>.
19. Bondarenko O.I. Metody nyzkochastotnoi akustychnoi defektoskopii z suchym kontaktom v systemi «peretvoriuvach-vyrib» / O.I. Bondarenko // Tekhnichna diahnostyka i neruinivnyi kontrol. – Kharkiv, 2010. – №1. – S. 38-44.
20. Halahan R. M. Teoretichni osnovy ultrazvukovoho neruinivnoho kontroliu: pidruchnyk / R. M. Halahan. – Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2019. – 263 s.

21. Mohyla V.I. Poetapne prodovzhennia zhyttievoho tsykladu tiahovoho rukhomoho skladu / V.I. Mohyla, M.V. Kovtanets, M.V. Hupalov, T.M. Kovtanets, M.M. Vakulik // Naukovi visti Dalivskoho universytetu, № 21, 2021. Elektronne naukove fakhove vydannia. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-14>
22. Tkachenko V. Dynamichna vzaiemodii rukhomoho skladu i kolii na liniiah shvydkisnoho rukhu sumishchenoho z vantazhnym: monohrafiia / V. Tkachenko, S. Sapronova, N. Braikovska, V. Tverdomed. – Vinnytsia: HO «Ievropeiska naukova platforma», 2021. – 240 s.
23. Metrolohiia, standartyzatsiia ta sertyfikatsiia v neruivnomu kontroli: Navchalnyi posibnyk / V.F.Petryk, A.H. Protasov, K: NTUU «KPI». – 2015. – 266 c.
24. Tsapenko V.K. Osnovy ultrazvukovoho neruivnogo kontroliu: Pidruchnyk / V.K. Tsapenko, Yu.V. Kuts; –Kyiv: NTUU «KPI». – 2009. – 431 s.

Detection of critical defects is a major challenge for the railway industry. Today, railway transport is subjected to increased power loads on the railway track. This is due to an increase in the weight of rolling stock, as well as an increase in the speed of railway transport. The bogie frame of the locomotive is one of the main elements of the running gear, the safety of the trains depends on its proper operation. Modern cart frames are welded structures using cast elements, including power brackets. Before installing its main elements on the cart frame, ultrasonic control is performed to detect internal unacceptable metal discontinuities. Non-destructive testing is the only possible technological operation that allows detecting unacceptable defects in technical objects and thereby preventing emergency situations in railway transport. Piezoelectric emitters serve as a source of ultrasonic vibrations. Modern ultrasonic flaw detection is based on the reflection of ultrasonic waves from defects present in the material and reception of the reflected waves by special receivers. Ultrasonic defectoscopy is used to detect mainly internal defects of parts made of any materials in which ultrasound propagates. This control method allows you to detect both surface and internal cracks, tears, bubbles, slag inclusions, corrosion, etc. The specific features of ultrasonic control were studied using the example of steel power brackets of locomotive bogie frames. Graphs of the results of calculations based on the mathematical ratios of the conditions of the absence of interference due to the influence of the side surface of the product during ultrasonic control of the rings of the power brackets of the locomotive bogie frames are given. It is shown that during the ultrasonic control of the rings of the brackets, the conditions for the existence of interference and the influence of the side surface on the detection of metal discontinuities by ultrasound can be fulfilled.

Keywords: rolling stock, cast brackets, ultrasonic testing, lateral surface, interference.

Могіла В.І. - професор кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, к.т.н. Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Ковтанець М.В. - доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, к.т.н. Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Морнева М.О. - доцент кафедри електричної інженерії, к.т.н. Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Плотніков В.Д. - аспірант кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля