

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Будниченко Валерій Борисович,
к.т.н., доцент, член. кор. ТАУ,
Національний транспортний університет.
Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1,
м. Київ, Україна, 01010.
Тел.: + 38 066 790 77 27.
E-mail: budnjb@bigmir.net.

Краснокутська Зоя Ігорівна,
с. н. с., Національний транспортний універси-
тет.

Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1,
м. Київ, Україна, 01010.
Тел.: + 38 067 447 12 41.
E-mail: zoya.dvz@gmail.com.

Покшевницька Тетяна Василівна,
м.н.с., Національний транспортний універси-
тет.
Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1,
м. Київ, Україна, 01010.
Тел.: + 38 066 155 28 28.
E-mail: officenttn@gmail.com.

Надійність та менеджмент якості

УДК 629.4.023:620.179

*Інженери Кошель О.О., Титорчук Р.І.,
Ліщинський О.В.*

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

Ключові слова: рухомий склад, несучі конструкції, контроль технічного стану, неруйнівний контроль, методи контролю, вдосконалення.

Вступ та постановка проблеми

На даний час більша частина рухомого складу (далі – РС) ПАТ «Укрзалізниця» експлуатується з продовженим терміном служби. Метою продовження терміну служби є забезпечення безпечної експлуатації РС, який вичерпав свій призначений термін служби [1] з необхідним рівнем безпеки. Зі зростанням терміну служби РС рівень безпеки знижується. Це відбувається за рахунок впливу на стан РС таких основних чинників:

- знос вузлів і деталей, внаслідок чого зменшується їх запас міцності;
- природне старіння металевих матеріалів (корозія і т.і.);
- накопичення, в процесі експлуатації, втомних змін стану несучих металевих конструкцій.

В процесі експлуатації РС під дією циклічних знакозмінних навантажень відбувається зміна механічних та фізичних властивостей металу несучих конструкцій. На певній стадії починаються явища зниження опору металу руйнуванню, що характеризуються як втомні ушкодження. Спочатку в структурних складових металу утворюються мікротріщини, які на подальших стадіях переростають в макротріщини і при несвоєчасному виявленні та усуненні призводять до руйнування елемента [2] конструкції РС.

Своєчасне виявлення дефектів металу що виникають досягається правильною організацією системи контролю відповідних вузлів і деталей РС, застосуванням сучасних методів та обладнання неруйнівного контролю.

Система контролю несучих металоелементів конструкцій РС полягає у періодичності проведення їх неруйнівного контролю (далі – НК), згідно відповідних технічних умов на кожен серію та вид РС. У зв'язку із старінням РС ПАТ «Укрзалізниця» та значним зносом, для виявлення дефектів його несучих конструкцій на початкових стадіях їх виникнення треба змінювати діючу систему НК в бік збільшення періодичних оглядів конструкцій.

Мета статті

Визначення заходів для вдосконалення системи НК на ремонтних підприємствах ПАТ «Укрзалізниця» з метою забезпечення своєчасного виявлення руйнувань несучих металевих конструкцій залізничного РС.

Основний матеріал дослідження

Своєчасне і якісне виконання НК властивостей і показників об'єкту контролю запобігає несподіваному його руйнуванню чи порушенню придатності до використання та експлуатації. В НК використовуються різноманітні фізичні явища або процеси, які при певних умовах не завдають шкоди об'єктові контролю (далі – ОК), або ж не впливають на його експлуатаційні характеристики, із повним збереженням закладених функції у вироб.

НК підрозділяють на дев'ять основних методів: магнітний, електричний, вихрострумний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний і проникаючих речовин [3]. При цьому, у кожному методі передбачається застосування певних прийомів та засобів випробувань (правил), за виконанням яких не повинна бути порушена придатність об'єкту щодо його застосування. Методи НК класифікують за наступними ознаками:

- характером взаємодії фізичних полів чи речовин з об'єктом що контролюється;
- первинними інформативними показниками;
- способами одержання первинної інформації.

Додаткова умова виконання НК це те, що оператор повинен бути сертифікований [4].

Технічний стан відповідальних вузлів та деталей безпосередньо впливає на ефективність роботи РС та безпеку руху. Діючою нормативною документацією (далі – НД) на виготовлення, ремонт та технічне обслуговування РС передбачається обов'язкове проведення НК їх окремих деталей і вузлів. Методи та способи НК, які необхідно використовувати, опис дефектів, що можливо контролювати, визначені відповідними інструкціями та керівними документами з НК, затвердженими наказами ПАТ «Укрзалізниця».

У великій мірі достовірність НК залежить від правильності вибору та технічного стану засобів контролю та ступеню забезпечення ними для проведення НК деталей та вузлів РС у повному обсязі, у відповідності з вимогами діючої НД. Поняття «засіб НК» містить: технічний пристрій контролю та речовину і

(чи) матеріал для проведення неруйнівного контролю [3].

По технічному виконанню засоби НК можна підрозділити на три класи:

- автономні прилади для контролю однієї або декількох взаємозалежних якісних характеристик виробу;
- комплексні системи, автоматичні лінії й роботи-контролери, призначені для визначення ряду основних параметрів, що характеризують якість об'єкта;
- системи НК для автоматизованого керування технологічними процесами за якісними ознаками.

За видами показників що контролюються засоби НК розділяють на прилади-дефектоскопи (прилади або установки), призначені:

для виявлення дефектів металу, типу порушень суцільності (тріщин, раковин і т.і.);

для контролю геометричних характеристик (зовнішні й внутрішні діаметри виробів, товщина стінки, покриттів, шарів, ступінь зношування, ширина й довжина виробу й т.і.);

для виміру фізико-механічних і фізико-хімічних характеристик (електричних, магнітних і структурних параметрів, відхилень від заданого хімічного складу, виміру твердості, пластичності, й т.і.);

для технічної діагностики щодо визначення поточного стану деталей та вузлів, виникнення й розвитку різного роду дефектів, у тому числі порушень суцільності, зміни розмірів і фізико-механічних властивостей виробів за період їх експлуатації.

Вибір методу та засобу НК для вирішення завдань дефектоскопії, технічних вимірювань й технічної діагностики залежить від параметрів об'єкту контролю і умов його обстеження. Поверхні ОК для виконання НК потребують попередньої підготовки, шляхом зачищення поверхні металу від бруду та окалини за допомогою механічних пристроїв (щітка, електрошліфувальна машинка та ін.).

Філія «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» при дослідженні технічного стану вузлів та деталей РС застосовує наступні методи НК:

1. Візуальний [5] (далі – VT);

2. Ультразвуковий [6] (ультразвукова товщинометрія);

3. Капілярний [7] (далі – РТ);

4. Магнітопорошковий [8] (далі – МТ);

5. Вихрострумовий [9].

Всі фахівці філії, які проводять НК, пройшли відповідне навчання та мають сертифікати встановленого зразка, згідно діючих вимог [4] на вище зазначені методи контролю.

Візуальний метод НК

Для оцінки технічного стану несучих вузлів та деталей РС та виявлення можливих дефектів використовується VT метод, який оснований на дії на виріб електромагнітного випромінювання видимого спектру та надан-

ні візуальної інформації оператору про технічний стан ОК.

На підприємствах ПАТ «Укрзалізниця» використання методу VT зводиться до загального огляду несучих конструкцій, тому що оператори, найчастіше, не мають додаткових засобів для проведення НК. Для підвищення якості застосування VT фахівцями філії «НДКТІ» використовуються такі допоміжні прилади як: вимірювальні лупи, набори для візуально-оптичного контролю та допоміжні засоби для очищення поверхні ОК. Ефективність використання оптичних приладів доведено багаторазовим виявленням тріщин та мікротріщин (рис. 1), які не можливо виявити за допомогою чутливості ока.

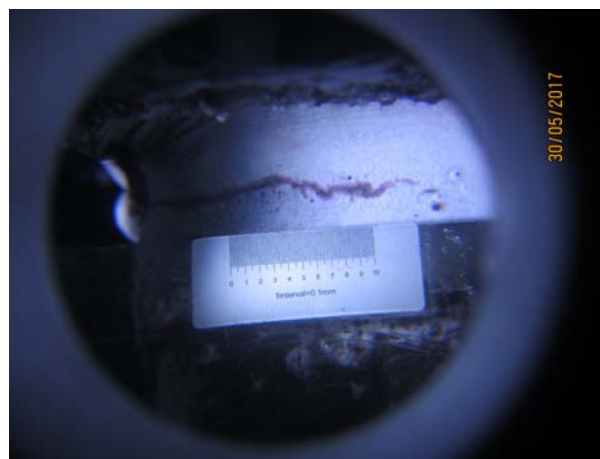
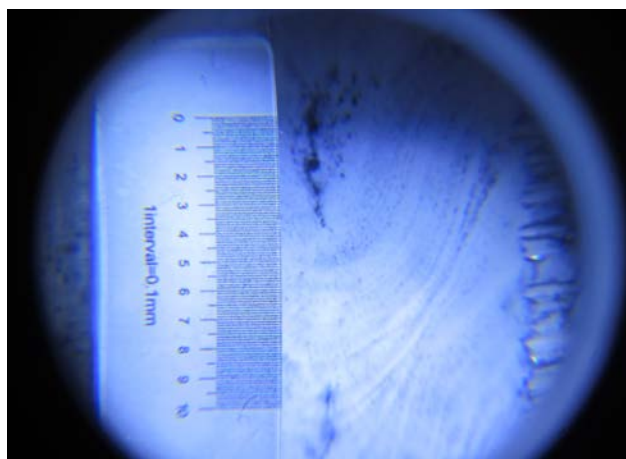


Рис. 1 – Дефекти виявлені за допомогою оптичних приладів НК

Капілярний метод НК

Метод РТ оснований на капілярному проникненні індикаторної рідини (пенетранта) в порожнини дефектів металу, що виходять на поверхню об'єкта контролю, та реєстрації наслідків цих дефектів (візуально чи за до-

помогою приладів), які створює індикаторна рідина, що вийшла із порожнин дефектів і надає кількісну інформацію про дефект (ширина, глибина і т.і.) та, зрештою, про небезпеку цього дефекту для безаварійної роботи вузла і механізму РС в цілому. Індикаторним

пенетрантом називають капілярній дефектоскопічний матеріал, що володіє здатністю проникати в нещільності об'єкта контролю та заповнювати ці нещільності. Пенетрант містить фарбувальні речовини (кольоровий метод) або люмінесцентні добавки (люмінесцентний метод), або їх комбінацію. Добавки дозволяють відрізнити змочену пенетрантом область шару проявника над тріщиною від основного (частіше всього білого) суцільного, без дефектів матеріалу об'єкта (фон) контролю. Проявником називається дефектоскопічний матеріал, який використовується для витягнення пенетранта з нещільності на зовнішні поверхні ОК, з метою створення чіткого індикаторного рисунку та контрастного з ним фону.

На даний час підприємствами ПАТ «Укрзалізниця», які займаються ремонтом та тех-

нічним обслуговуванням РС, для контролю його технічного стану широко використовується так звана «крейдо-гасова проба». В якості індикаторної рідини (пенетранта) при цьому виді використовується гас, а в якості проявника – розчин крейди (рис. 2).

Широке застосування крейдо-гасова проба для контролю технічного стану РС знайшла завдяки відносно простій технології її проведення та невеликій вартості витратних матеріалів. Але не зважаючи на ці переваги, крейдо-гасова проба на даний час вже не відповідає сучасним вимогам якості і достовірності проведення контролю за діючими нормами [7].



Рис. 2 – Приклад використання крейдо-гасової проби на несучих металевих конструкціях РС

Основними недоліками крейдо-гасової проби, порівняно з РТ із застосуванням сучасних наборів, є:

1. Велика залежність проведення крейдо-гасової проби від суб'єктивних факторів, таких як: якість використаних матеріалів (крейда та гас), густоти приготовленого оператором розчину крейди і т.і.

2. Застосування в якості індикаторної рідини гасу, який не має кольору і барвників, що не дозволяє забезпечити створення ним

чіткого та контрастного індикаторного рисунку на ОК.

3. Залежність від способу нанесення дефектоскопічних матеріалів на поверхню ОК, тому що здебільше гас та розчин крейди при крейдо-гасовій пробі наносяться за допомогою щітки і це не забезпечує рівномірного нанесення дефектоскопічних матеріалів на поверхні що контролюються. Нанесення шару проявника більше необхідного призводить до неможливості прояву пенетранта (гасу) і виявлення дефекту.

Набори для РТ методу випускаються готовими до застосування, без необхідності розведення якого-небудь з компонентів. Це являється додатковою гарантією стабільності і надійності дефектоскопічних властивостей матеріалів, оскільки виключається можливість приготування складу нестандартної концентрації. Чим більший досягається контраст між кольоровим індикаторним рисунком (слідом) і проявником (фоном), тим вище чутливість методу контролю і більша ймовірність виявлення дефекту.

На даний час спеціалізованими виробниками виробляється велика кількість наборів для проведення РТ контролю, які відповідають міжнародним та українським стандартам. Фахівці філії «НДКТИ» мають досвід використання наборів таких виробників, як: ELY Chemical Company Limited (Велика Британія), HELLING GmbH (Німеччина) та MR Chemie (Німеччина), які відповідають діючим вимогам [7] та [10]. Більша частина сучасних наборів для РТ для зручності користувачів випускається в аерозольній упаковці. Це дозволяє наносити пенетрант та проявник рівномірно, з необхідною товщиною шару. Дефекти виявлені за допомогою наборів РТ наведено на рисунку 3.

Безперечною перевагою капілярного контролю являється те, що з його допомогою можна не тільки виявляти поверхневі дефекти, але по їх розташуванню, протяжності, формі і орієнтації по поверхні можна отримати цінну інформацію про характер дефекту і навіть визначити деякі причини їх виникнення (концентрація напруги, недотримання технології ремонту тощо).

Слід дефекту представляє собою індикаторне зображення, утворене індикаторною рідиною в місці розташування дефекту і подібний формі його перетину біля виходу на поверхню ОК. Зазвичай слід по своїй величині значно більше розкриття (ширини) дефекту на поверхні, що і дозволяє упевнено виявляти неозброєним оком його місце розташування.



Рис. 3 – Дефекти несучої металоконструкції РС виявлені за допомогою наборів для проведення РТ контролю

Ефективність РТ методу залежить від багатьох чинників таких як:

- вид дефектоскопічних матеріалів і використаного обладнання;
- підготовка поверхні ОК;
- характер дефекту;
- дотримання встановленої технології контролю;
- кваліфікація фахівця, що виконує НК.

Виходячи з вищевикладеного необхідно підприємствами ПАТ «Укрзалізниця», які займаються ремонтом та технічним обслуговуванням РС залізниць, поступово відмовлятися від використання при контролі технічного стану несучих металевих конструкцій крейдо-гасових проб та переходити на застосування сучасних наборів для РТ, які відповідають сучасним вимогам [7] та [10], при обов'язковому періодичному навчанні та сертифікації фахівців з НК.

Магнітопорошковий метод НК

Метод МТ базується на ефекті притягання магнітних часток (ферромагнітного порошку) магнітним полем розсіювання, що створюється спеціальним пристроєм над дефектом, при намагнічуванні деталі виготовленої з ферромагнітного матеріалу.

При використанні МТ виявляються поверхневі дефекти типу порушення суцільності металу, наприклад: тріщини різноманітного походження, флокени, закати, надриви, воло-

совини, розшарування, дефекти зварювальних з'єднань. Метод дозволяє контролювати всю поверхню деталі або окремі її ділянки.

Найбільш поширеними засобами МТ є дефектоскопи з електромагнітами змінного струму або постійними магнітами, які застосовуються для намагнічування ділянок контролю великогабаритних деталей, а також деталей складної форми, якщо визначені зони контролю та напрямки можливих дефектів. Використовуються два основні способи МТ: прикладеного поля (СПП) та залишкової намагніченості (СЗН). Для намагнічування ОК при використанні МТ використовуються наступні методи створення магнітного поля: поздовжній (полусний) і циркулярний.

МТ має високу продуктивність, наочність результатів контролю і високу чутливість. При правильній технології контролю деталей, цим методом можливо виявити втомні тріщини і інші дефекти в початковій стадії їх появи.

На підприємствах ПАТ «Укрзалізниця» здебільшого використовують два способи НК за допомогою МТ методу – сухий та вологий. В першому випадку на поверхню об'єкта контролю наносять магнітний порошок (залізни ошурки, окалини та ін.) в сухому вигляді, в другому випадку магнітний порошок наносять у вигляді суспензії з гасом, маслом чи мильним розчином. Дані способи відповідають вимогам стандарту 1987 року [11], але вже є морально застарілими. Фахівцями філії «НДКТІ» застосовуються сучасні набори для МТ дефектоскопії, з використанням фонові фарби білого кольору виробників HELLING GmbH (Німеччина) та MR Chemie (Німеччина), які відповідають вимогам діючих стандартів [8] та [12]. Наочність виявлення дефектів наведено на рисунку 4.

Точність дотримання встановлених технологій контролю, ймовірність виявлення дефектів та правильна розшифровка результатів контролю значним чином залежить від рівня кваліфікації фахівця з НК. Тому контроль повинен виконувати тільки компетентний персонал сертифікований згідно діючих вимог [4].



Рис. 4 – Дефекти металевих конструкцій виявлені за допомогою сучасних наборів для МТ

У 2017 році фахівцями філії «НДКТІ», завдяки тому що підприємство має персонал сертифікований згідно діючих вимог [4] та використовує при НК зазначені підходи до проведення VT, PT, МТ контролю, було виявлено та відсторонено від подальшої експлуатації 73 одиниці рам візків тягового та моторвагонного залізничного рухомого складу, що дало змогу підвищити рівень безпеки на залізничному транспорті України. Використання PT та МТ методів дефектоскопії дозволило на ранніх стадіях виявити більше 70 % дефектів виникаючих у несучих металевих конструкціях РС.

Висновки

Якість контролю стану несучих металевих конструкцій залізничного рухомого складу за допомогою методів неруйнівного контролю (НК) можливо підвищити за рахунок:

1. Керування при виконанні НК виключно актуальною нормативною документацією (ДСТУ, EN ISO та ін.);

2. Забезпечення сертифікації всіх фахівців, що виконують НК, не нижче 2-го рівня, згідно вимог ISO 9712:2012;

3. Застосування при виконанні НК за методом VT оптичних вимірювальних луп (4x – 12x кратності), що дає змогу визначати найменші дефекти та надриви металу, своєчасно їх усувати і забезпечувати безпечну експлуатацію несучих конструкцій РС;

4. Відмови від використання крейдогосових проб при виконанні НК, які мають ряд недоліків, та переходу на використання

сертифікованих наборів для капілярного контролю, які мають значно більшу чутливість і контрастність результатів контролю;

5. Виконання НК за методом МТ з використанням сертифікованих наборів, що містять фонову фарбу (грунт), яка підвищує контрастність між індикацією дефекту та поверхнею контролю і забезпечує необхідну якість результату контролю.

Література

1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 33 с. – (Нац. стандарт України).

2. Леоніць В.А. Вплив тривалої експлуатації залізничного рухомого складу на працездатність його несучих конструкцій / В.А. Леоніць // Залізничний транспорт України. – 2017. – № 1. – С. 24-31.

3. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення: ДСТУ 2865-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 52 с. – (Нац. стандарт України).

4. Неразрушаючий контроль - Кваліфікація і сертифікація персоналу по неразрушающому контролю : ISO 9712:2012(E). – [Чинний від 2012-06-15]. – Женева.: www.iso.org, 2012. – 43 с. – (Міжнародний стандарт).

5. Неруйнівний контроль. Контроль візуальний (EN 13018:2001, IDT) : ДСТУ EN 13018:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 4 с. – (Нац. стандарт України).

6., Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Загальні вимоги (EN ISO 16810:2014, IDT; ISO 16810:2012, IDT): ДСТУ EN ISO 16810:2016. – [Чинний від 2016-08-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 20 с. – (Нац. стандарт України).

7. Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 1. Загальні вимоги (EN 571-1:1997, IDT): ДСТУ EN 571-1-2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 16 с. – (Нац. стандарт України).

8. Неруйнівний контроль. Контроль магнітопорошковий. Частина 1. Загальні вимоги (EN ISO 9934-1:2001, IDT): ДСТУ EN ISO 9934-1:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 14 с. – (Нац. стандарт України).

9. Неруйнівний контроль. Контроль вихрострумовий. Загальні вимоги і рекомендації (EN 12084:2001, IDT): ДСТУ EN 12084:2005. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.:

Держспоживстандарт України, 2005. – 12 с. – (Нац. стандарт України).

10. Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 2. Контроль дефектоскопічних матеріалів (EN ISO 3452-2:2000, IDT): ДСТУ EN ISO 3452-2:2005. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 22 с. – (Нац. стандарт України).

11. Контроль неразрушающий. Магнітопорошковий метод: ГОСТ 21105-87- [Чинний від 1988-01-01]. – М.: Держстандарт, 1988. – 11 с. – (Міждержавний стандарт).

12. Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 2. Засоби контролю (EN ISO 9934-2:2015, IDT; ISO 9934-2:2015, IDT): ДСТУ EN ISO 9934-2:2015. – [Чинний від 2016-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 30 с. – (Нац. стандарт України).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кошель Олексій Олександрович, начальник відділу контролю технічного стану вагонів Управління надійності філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. І.Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна.
Тел. 38 044 465 35 18.

E-mail: koshela1520mm@gmail.com.

Титорчук Руслан Іванович, начальник відділу контролю технічного стану тягового рухомого складу та моторвагонного рухомого складу Управління надійності філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. І.Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна.
Тел. 38 044 465 35 18.

E-mail: titorchuk1520mm@gmail.com.

Ліщинський Олексій Валерійович, провідний інженер відділу контролю технічного стану вагонів Управління надійності філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. І.Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна.
Тел. 38 044 465 35 18.

E-mail: lechinsky1520mm@gmail.com.