

УДК 629.423

*Інженери Петренко В.О., Буліч Д.І*

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВІДНОВЛЕННЯ ХРЕБТОВОЇ БАЛКИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ В РАЙОНІ ШВОРНЕВОГО ВУЗЛА НА ОСНОВІ ВАГОНА-ЗЕРНОВОЗА МОДЕЛІ 19-752

**Ключові слова:** вантажний вагон, хребтова балка, вагон-зерновоз, дослідження, модернізація, відновлення.

### Вступ та постановка проблеми

Більша частина парку вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» (далі – УЗ) експлуатується за межами назначеного строку служби, що призводить до їх природного старіння та накопичення втомних змін у матеріалі несучих конструкцій, внаслідок чого виникають тріщини та руйнування. Основним завданням при експлуатації вантажних вагонів, які вичерпали призначений термін служби, є забезпечення необхідного рівня їх безпеки. Головною з умов забезпечення безпечної експлуатації вантажних вагонів є якісне виконання ремонтів з усунення руйнувань їх несучих конструкцій із застосуванням сучасних технологічних підходів зварювання. Разом з цим, діючі нормативні документи щодо ремонту вантажних вагонів не передбачають можливості ремонту несучих конструкцій в окремих випадках їх руйнування. Так наприклад, згідно п. 5.3.7 діючої інструкції по зварюванню та наплавленню при ремонті вантажних вагонів і контейнерів ЦВ-0019 [1]: «Плоскі накладки повинні перекривати заварений стик або тріщину не менше ніж на 100 мм», а якщо цього виконати не можливо, то такий ремонт виконувати не дозволяється.

В 2016 році в результаті проведеного філією «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» технічного діагностування вагонів-зерновозів моделі 19-752 було виявлено 52 вагони з тріщинами в районі клепаного з'єднання хребтової балки з заднім упором (рис.1), що складало 15% від загальної кількості оглянутих вагонів. Ремонт таких дефектів інструкцією ЦВ-0019 непередбачений і їх подальша експлуатація з ними заборонена [4].

### Літературний огляд

Ремонтні підприємства та депо УЗ під час проведення робіт з відновлення пошкоджених несучих конструкцій вантажних вагонів керуються вимогами інструктивних вказівок ЦВ-0119 та правилами капітального ремонту ЦВ-0016 [2] і деповського ремонту ЦВ-0142 [3]. У зазначених нормативних документах відсутні вимоги щодо можливостей усунення тріщин хребтових балок вагонів-зерновозів моделі 19-752 в місці їх з'єднання з заднім упором.

### Мета статті

Висвітлення результатів досліджень та обґрунтування підходів щодо можливостей ефективного відновлення несучих конструкцій вантажних вагонів з позанормативними дефектами.

### Основний матеріал дослідження

Беручи до уваги одноманітність виявлених дефектів у вагонах-зерновозах моделі 19-752, філією «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» на замовлення Департаменту вагонного господарства АТ «Укрзалізниця» у 2017 році розпочато роботи з розробки проекту модернізації несучих конструкцій вагонів цього типу [4].

На першому етапі досліджень було проведено визначення причин руйнування хребтових балок вагона-зерновоза моделі 19-752 в місцях їх клепаного з'єднання, які склались із наступних робіт:

- аналізу конструктивних особливостей несучих конструкцій вагону;
- аналізу характеристик поглинальних апаратів, що використовуються на вагонах цього типу;
- аналізу частоти непланових ремонтів даних вагонів-зерновозів;
- аналізу технічних показників вагонів-зерновозів з виявленими типовими дефектами;
- дослідження місць руйнування рами кузова методами неруйнівного контролю;
- дослідження матеріалу заклепок;
- дослідження напружено-деформованого стану кузовів вагонів-зерновозів.

На підставі результатів досліджень було визначено, що задній упор вагона сприймає експлуатаційні ударні (поздовжні) навантаження безпосередньо від корпусу поглинального апарата, які через клепане з'єднання пе-

редаються на його хребтову балку (рис.2). Саме від наявних отворів в хребтовій балці під заклепки клепаного з'єднання з задньою частиною заднього упору вагону виникають

тріщини. Велике значення на величину поздовжніх сил, що діють на задній упор мають умови експлуатації та клас поглинальних апаратів, що застосовуються на вагоні.



Рис. 1 – Тріщина в районі клепаного з'єднання хребтової балки з заднім упором вагона-зерновозу моделі 19-752

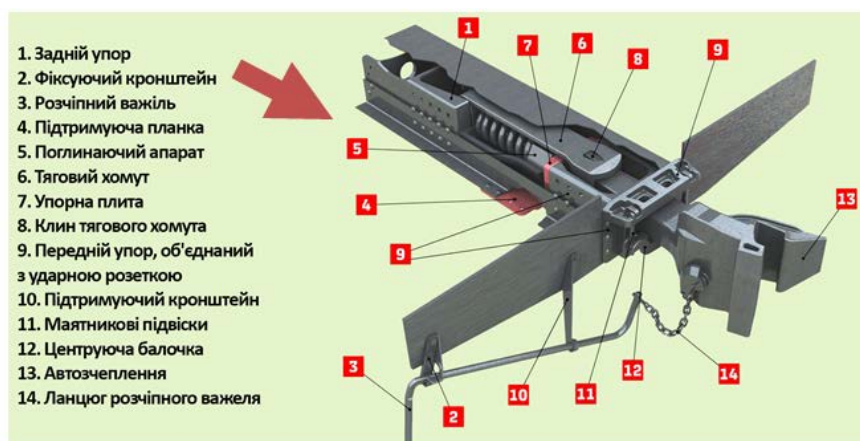


Рис. 2 – Корпус поглинального апарата вагона-зерновозу моделі 19-752

Було встановлено, що на вагонах-зерновозах моделі 19-752 використовуються апарати класу Т0, які мають низьку енергоємність, через що виникають додаткові напруження і тріщини в місці з'єднання хребтових балок з задніми упорами рами кузова вагону. Для усунення цієї проблеми і збільшення ресурсу рами кузова вагонів-зерновозів запропоновано замінити поглинаючі апарати класу Т0 на апарати класу Т1 або Т2, які мають в 2 рази більшу енергоємність.

Порівняння кількості проведених непланових ремонтів зерновозів, при яких були виявлені типові тріщини під час технічного обстеження їх несучих конструкцій, з зерновозами загального парку показало, що для зерновозів з дефектами не характерне збільшення непланових ремонтів під час експлуатації. По кількості непланових ремонтів в експлуатації вони проявляють себе на рівні зерновозів, по яким під час технічного обстеження не було зафіксовано дефектів несучих конструкцій.

Для визначення залежності виявлених тріщин у хребтових балках вагонів-зерновозів, від виробника цих вагонів та року їх побудови було проаналізовано основні технічні дані вагонів. Вибірка вагонів становила 100 одиниць.

Аналіз даних вибірки вагонів-зерновозів по рокам та заводам їх побудови дав можливість сформулювати графічну залежність виникнення тріщин хребтової балки (рис. 3, 4) від виробника вагонів та часу їх побудови яка показала, що 94 % зерновозів, з виявленими тріщинами в хребтових балках, були вироблені у період з 1985-1987 рік на Крюківському вагонобудівному заводі і на вагонобудівних заводах Румунії, при чому більшість з них було побудовано у Румунії.

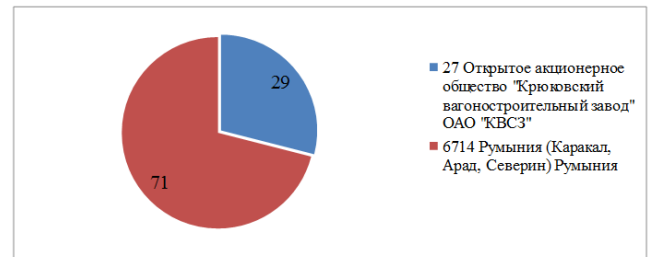


Рис. 3 – Залежність відсотків виникнення тріщин хребтової балки вагонів-зерновозів від місця їх побудови

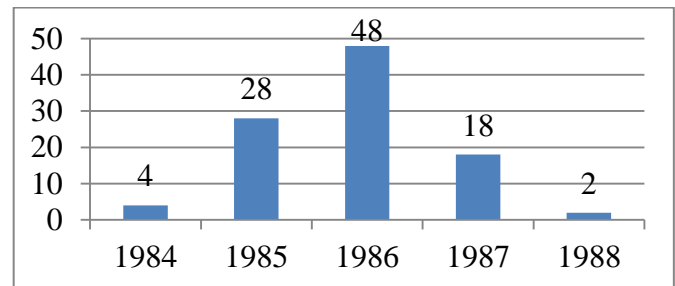


Рис. 4 – Залежність виникнення тріщин хребтової балки вагонів-зерновозів по рокам їх побудови

На базі вагонного депо Херсон для двох вагонів-зерновозів моделі 19-752 (№ 95529251, № 95524930), які зазнали руйнувань рами кузова, було проведено ретельні дослідження місць виникнення тріщин з застосуванням магнітопорошкового методу неруйнівного контролю. За результатами магнітопоршкового неруйнівного контролю встановлено такі руйнування:

- тріщини в хребтових балках обох вагонів, що досліджувалися, в районі її клепаного з'єднання із заднім упором;
- ослаблення заклепок в місцях виникнення тріщин;
- тріщини в зварних з'єднаннях нижнього листа шворневої балки з хребтовою балкою обох вагонів, що досліджувалися;
- тріщину в задньому упорі одного із вагонів зі сторони поглинального апарату.

Такі руйнування свідчать, що даний вузол піддається значним знакозмінним напруженням, в наслідок чого виникають відмічені пошкодження.

Для кількісної оцінки причин руйнувань рами кузова вагонів-зерновозів моделі 19-752 було проведено розрахункові дослідження

напружено-деформованого стану їх несучих конструкцій методом кінцевих елементів, у комп'ютерному пакеті моделювання

SolidWorks. Побудовану кінцево-елементну 3D-модель наведено на рисунку 5.

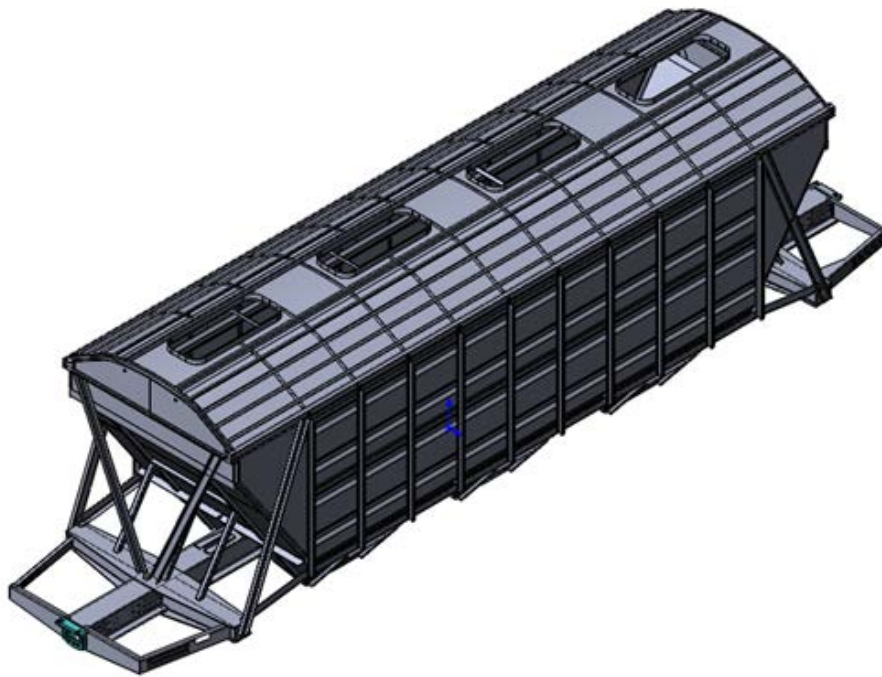


Рис. 5 – 3D-модель вагона-зерновоза моделі 19-752

Розрахунки напружено-деформованого стану несучих конструкцій вагона-зерновоза моделі 19-752 виконувалися для найбільш невигідного впливу можливого поєднання одночасно діючих нормативних сил у відповідності зі встановленими розрахунковими режимами I та III, згідно діючих Норм [5] та ДСТУ 7598 - 2014 [6].

За результатами розрахунків було зроблено висновок, що втомні пошкодження накопичуються в хребтовій балці при навантаженні 1,0 МН і більше. При цьому тріщина буде поширюватися вертикально від нижнього отвору заклепки з напруженням 151,7 МПа до верхньої - 141,9 МПа. Режими ривка і розтягу вагону, режим I та режим III, є основними причинами виникнення втомних тріщин в зоні заклепкового з'єднання (рис. 6, 7). Такі значні напруження у з'єднанні виникають через різку зміну його жорсткості.

Режим I – це умовний розрахунковий режим безпеки, якому при експлуатації вантажних вагонів відповідають процеси осаджування і зрушення великовагового рухомого

складу з місця, зіткнення вагонів під час маневрів, зокрема й під час розпуску з гірок, екстрене гальмування в потягах за малих швидкостей руху або зіткнення вагонів у позаштатних ситуаціях, а також аварійний ривок (поштовх).

Режим III – експлуатаційний режим. В умовах експлуатації розрахунковому режиму III відповідають випадки руху вагона з повним навантаженням у складі потягу по прямих і кривих ділянках колії та по стрілочних переводах відповідної конструкції й стану, зі швидкістю що допускається, аж до конструкційної, а також під час періодичних службових регулювальних гальмувань, періодичних помірних ривків і поштовхів, зі штатною роботою механізмів і вузлів вагона.

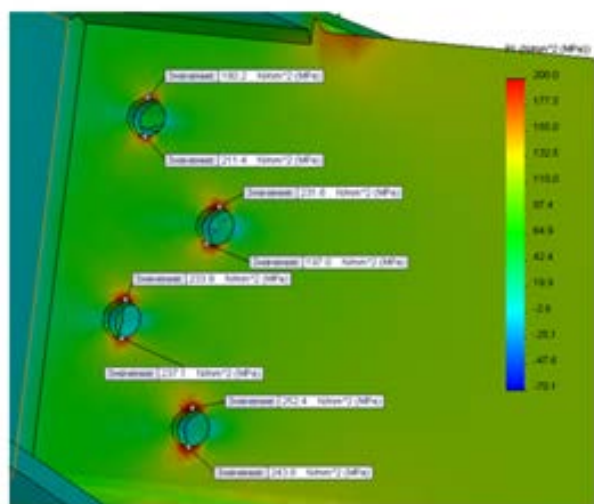
Після проведення аналізу і досліджень руйнування хребтових балок в місцях їх клепаного з'єднання з заднім упором рами кузова вагона-зерновоза моделі 19-752 фахівцями філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» було розроблено та запропоновано три варіанта мо-



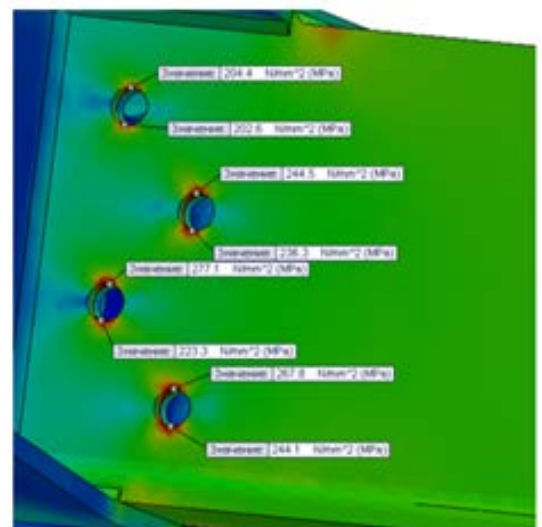
дернізації цих вагонів. На підставі аналізу результатів міцнісних розрахунків, із додаванням залишкових напружень в розмірі 20% від границі текучості, було визначено, що кожен з варіантів модернізації, що розглядалися, має свої переваги та недоліки і визначити серед них оптимальний неможливо. Тому було запропоновано четвертий варіант, який об'єднував в собі технічні рішення з трьох попередніх варіантів. Основний принцип модернізації, який було знайдено, полягає в тому, що зміною конструкції з'єднання

зміщуються найбільші напруження, що виникають, від зони руйнувань хребтової балки вагона-зерновоза. Для цього зрізається частина заднього упору в місці його з'єднання з хребтовою балкою вагону і встановлюється нова деталь змінного перерізу (рис. 8).

По результатам контрольних розрахунків четвертий варіант модернізації рами кузова вагона-зерновоза моделі 19-752 показав найкращий результат і тому його було прийнято кінцевим.



1-ші головні напруження  
252,4 МПа



Дотичні напруження  
( $P1-P3$ )/2=267,8/2=133,9 МПа

Рис. 6 – Розподіл напружень на хребтовій балці під заклепками від поздовжніх сил; режим I (розтяг 2,0 МН)

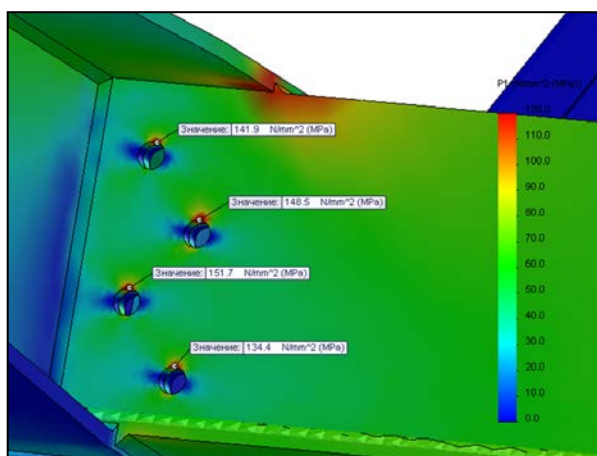


Рис. 7 – Розподіл напружень на хребтовій балці під заклепками від поздовжніх сил; режим III (розтяг 1,0 МН)

Режими удару та стиснення вагону в цьому варіанті не впливають на розвиток тріщин в зоні заклепкового з'єднання. Тріщини в даних режимах можуть виникати тільки при великих перерізуючи силах. Але навіть при перенавантаженні зусиллями на 5 тон (75 т) зміна напружень склала всього 2 МПа, що цілком прийнятно. Епюра навантажень модернізованого вузла за результатами розрахункової перевірки проекту модернізації хребтової балки наведена на рисунку 9.

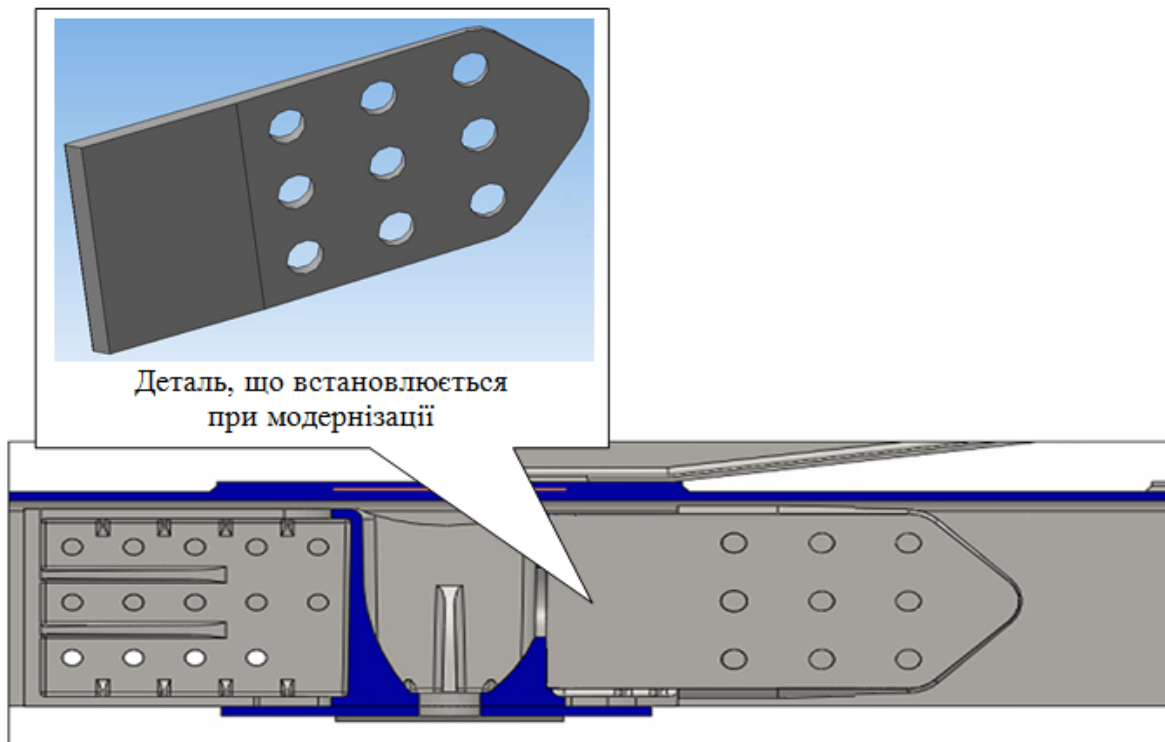


Рис. 8 – Кінцевий варіант модернізації хребтової балки рами кузова вагона-зерновоза

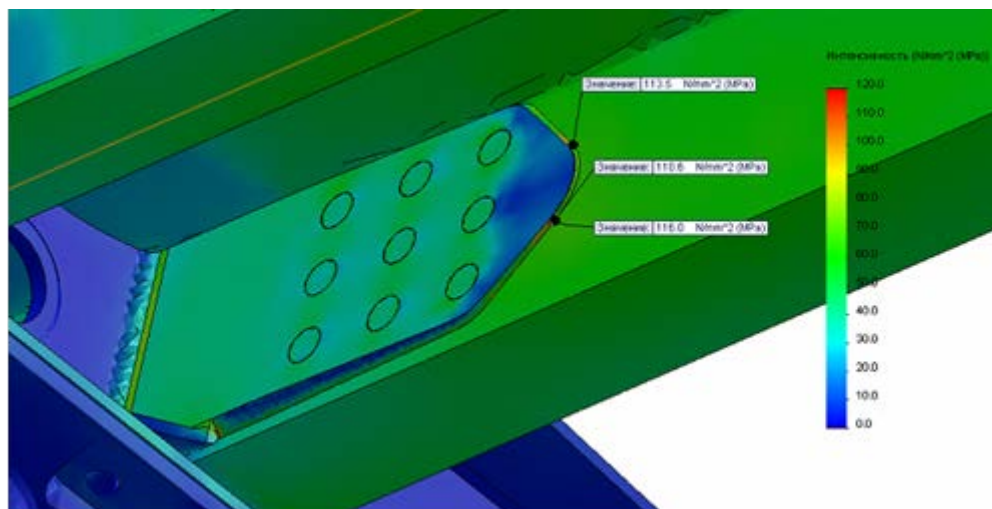


Рис. 9 – Розподіл напружень від поздовжніх сил в хребтовій балці кінцевого варіанту її модернізації; режим III (розтягнення 1,0 МН)

За цим варіантом, у відповідності з нормованими процедурами [7, 8] було розроблено проект модернізації хребтової балки вагона-зерновоза моделі 19-752, який було погоджено у встановленому порядку та затверджено. Для відпрацювання технології модернізації було проведено дослідну модернізацію п'яти вагонів моделі 19-752 в умовах філії «Дарницький вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця». Зварювальні роботи викону-

валися за вимогами діючих нормативів [9, 10] у повному обсязі. На двох вагонах з дослідної партії було проведено контрольні випробування (скидання з клинів і ударні ресурсні випробування). Установка тензорезисторів на надресорній балці візка та рамі вагонів-зерновозів, що досліджувалися, проводилася відповідно до розробленої програми та методики зі схемою розміщення контрольних точок (рис. 10, 11). Під колеса вагона, в за-

лежності від його елементів, що досліджувалися, встановлювалися клини, а потім проводилося скидання вагона з них, шляхом накатування на клин. Розміри клину: висота 21 мм, довжина 350 мм, ширина 50 мм.



*Рис. 10 – Встановлення тензорезисторів на надресорній балці візка вагону*



*Рис. 11 – Встановлення тензорезисторів на хребтовій балці рами кузова вагона-зерновоза*

При проведенні ресурсних випробувань на співудар вимірювалися наступні показники:

- швидкість набігання вагона-бойка на вагон, що досліджувався;
- сила удару вагона-бойка в автозчеп;
- кількість циклів ударів до відмови або пошкодження дослідного вагона;
- напруження в елементах вагона, що досліджується.

Для визначення поздовжніх зусиль, що діють в момент удару на вагон, що досліджується, застосовувався спеціальний динамометр-автозчеп, обладнаний тензорезисторами і попередньо проградуєований статичним навантаженням на стенді силою до 3,5 МН. На рисунку 12 показані окремі моменти проведення контрольних випробувань модернізованих вагонів-зерновозів.

У результаті проведених контрольних випробувань вагонів-зерновозів моделі 19-752, хребтові балки яких були модернізовані у відповідності до розробленої філією «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» конструкторської та технологічної документації, встановлено, що:

- напруження в несучих конструкціях модернізованого вагона-зерновоза не перевищують допустимих значень за ДСТУ 7598-2014 [5] та ДСТУ ГОСТ 33211-2017 [6];
- пошкоджень в зоні модернізації рами вагона у вигляді деформацій, тріщин, розривів за основним металом та зварними швами не виявлено;
- під час ресурсних випробувань модернізованих вагонів-зерновозів було зроблено 582 співударів силою від 1 до 3,5 МН і більше, що відповідає їх терміну служби 7 років.

Таким чином, за вимогами ДСТУ ГОСТ 33211-2017 [11], підтверджено ефективність проведення модернізації та визначено можливість проведення підконтрольної експлуатації дослідної партії модернізованих вагонів-зерновозів моделі 19-752 за проектом філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця». Було розроблено та погоджено виробничу програму проведення модернізації дослідної партії вагонів-зерновозів моделі 19-752 власності АТ «Укрзалізниця» і згідно неї фахівці відділу зварювання та ремонту філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» в умовах вагонного депо «Херсон» впродовж трьох тижнів провели модернізацію дослідної партії вагонів-зерновозів моделі 19-752 з тріщинами хребтових балок, у кількості 10 одиниць (рис. 13). Після модернізації, всі вагони цієї партії були відремонтовані із заміною поглинальних апаратів класу Т0 на апарати класу Т1.

Для визначення порядку проведення підконтрольної експлуатації дослідної партії модернізованих вагонів-зерновозів було розроблено та погоджено у встановленому порядку програму та методику підконтрольної експлуатації, згідно якої 24.10.2018 розпочата відповідна експлуатація модернізованих вагонів-зерновозів моделі 19-752.





Рис. 12 – Проведення контрольних випробувань модернізованих вагонів-зерновозів



Рис. 13 – Модернізація вагонів-зерновозів в умовах вагонного депо Херсон

Станом на 30.11.2018 дослідна партія вагонів-зерновозів моделі 19-752 (10 одиниць) пройшла підконтрольну експлуатацію з пробігом більше 2000 км. Дефекти в модернізованих несучих конструкціях вагонів відсутні.

Після завершення підконтрольної (дослідної) експлуатації зазначених модернізованих вагонів-зерновозів і отримання позитивних результатів приймальною комісією буде визначено доцільність подальшого виконання робіт з модернізації вагонів-зерновозів моделі 19-752 з виявленими тріщинами в зоні заклепувального з'єднання хребтової балки з заднім упором автозчіпного пристрою за проектом філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» на всіх наявних дефектних вагонах-зерновозах АТ «Укрзалізниця».

#### Висновки

1. Проведено дослідження причин і наслідків руйнування хребтових балок в місцях клепаного з'єднання, що дало можливість подальшої розробки проекту модернізації

вагона-зерновоза моделі 19-752. Руйнування в рамках кузовів вагонів-зерновозів моделі 19-752 виникають в хребтовій балці в районі клепаного з'єднання її із заднім упором автозчепного пристрою.

2. Найбільші навантаження (поздовжні) задній упор сприймає безпосередньо від корпусу поглинального апарата, які через клепа-не з'єднання передаються на хребтову балку. Саме від отворів в хребтовій балці під заклепки клепаного з'єднання з задньою частиною заднього упору виникають тріщини у металі.

3. Порівняння кількості непланових ремонтів вагонів-зерновозів, по яким були виявлені типові тріщини під час технічного обстеження з зерновозами загального парку показало, що для зерновозів з дефектами не характерне збільшення непланових ремонтів під час експлуатації.

4. За результатами візуального та магнітопорошкового контролю заднього упору та місця клепаного з'єднання його з хребтовою



балкою вагона-зерновоза моделі 19-752 виявлено руйнування, які свідчать про їх втомний характер.

5. За результатами розрахунку на міцність встановлено, що причинами виникнення втомних пошкоджень в зоні заклепкового з'єднання є різка зміна жорсткості в перетині хребтової балки. В режимах ривка та розтягування заклепкове з'єднання працює як одностороннє з'єднання з накладкою. Крайні заклепки для такої розрахункової схеми сприймають великі нормальні напруження 152 МПа в режимі III. Границя витривалості за нормальними напруженнями при пульсуючому циклі  $[\sigma_0]=120$  МПа. В режимі I діючі нормальні напруження складають 252 МПа і різниця в напруження стає ще більш суттєвою.

6. В рамках науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи розроблено чотири проекти та обрано оптимальний варіант модернізації хребтових балок вагонів-зерновозів моделі 19-752 в типових місцях виникнення тріщин та проведено розрахунки на міцність.

7. Варіант 4 модернізації кузовів вагонів-зерновозів моделі 19-752 по результатам розрахунків показав найкращий результат і тому його було прийнято кінцевим. Режими удару та стиснення в цьому варіанті не впливають на розвиток тріщин в зоні заклепкового з'єднання. Тріщини в даних режимах може виникати при великих перерізуючих силах. Але навіть при перенавантаженні на 5 тон (75 т) зміна напружень склала всього 2 МПа.

8. Для визначення терміну подальшої безпечної експлуатації вагонів-зерновозів моделі 19-752 розроблено та погоджено проект модернізації рам кузовів за варіантом 4 (розроблено та погоджено Технічне Завдання, конструкторська документацію і технологічна інструкцію на виконання модернізації) та Програму і методику контрольних випробувань.

9. При проведенні контрольних випробувань вагона-зерновоза моделі 19-752 за №95818815, який був модернізований у відповідності до розробленої конструкторської

та технологічної документації, встановлено, що:

- напруження в несучих конструкціях вагона не перевищують допустимих значень (ДСТУ 7598-2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних) та ДСТУ ГОСТ 33211-2017 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам»);

- пошкодження в зоні модернізації рами вагона, у вигляді деформацій, тріщин, розривів за основним металом та зварними швами, відсутні;

- ресурсні випробування 582 співударями силою від 1 до 3,5 МН і більше підтверджують термін служби модернізованої хребтової балки 7 років.

10. Розроблено та погоджено виробничу програму проведення модернізації дослідної партії вагонів-зерновозів моделі 19-752, згідно з якою фахівці відділу зварювання та ремонту філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» в умовах вагонного депо «Херсон» провели модернізацію 10 вагонів зерновозів моделі 19-752 з тріщинами хребтових балок.

11. Розроблено та погоджено програму та методику підконтрольної експлуатації дослідної партії вагонів-зерновозів моделі 19-752. Станом на 30.11.2018 вагони пройшли більше 2000 км - зауваження відсутні. Після закінчення підконтрольної експлуатації, приймальної комісією буде розглянуто доцільність застосування даного проекту модернізації для відновлення всіх вагонів-зерновозів моделі 19-752 з типовими дефектами, кількість яких у АТ «Укрзалізниця» на даний час становить 280 одиниць.

### *Література*

1. Інструкція по зварюванню та наплавленню при ремонті вантажних вагонів та контейнерів. ЦВ-0019: Затв. наказ. Укрзалізниці від 6 листопада 1998 р. №272-Ц / М-во транспорту України управ. вагонного господарства, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління вагонного господарства. - К., 1998. - 296 с.

2. Вантажні вагони залізниць України колії 1520 мм. Правила капітального ремонту. ЦВ-0016 : Затв. наказ. Укрзалізниця від 20 червня 2006 р. № 242-Ц / Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління вагонного господарства. - К.: [б. и.], 2006. - 173 с.

3. Вагони вантажні залізниць України колії 1520 (1524) мм. Настанова з деповського ремонту. ВНД УЗ 32.2.04.037-2013. ЦВ-0142 : Наказ № 468-Ц/од 26.12.2013. Про затв. та введення в дію нормат. док. "Вагони вантажні залізнич. України колії 1520 (1524) мм. Настанова з деповського ремонту" / М-во інфраструктури України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. - К. : Дедалта, 2014. - 159 с.

4. Петренко В.О., Буліч Д.І. Оцінка стану несучих конструкцій вантажних вагонів з продовженим терміном служби / В.О. Петренко, Д.І. Буліч // Залізничний транспорт України. – Київ: Вид-во філії «НДКТІ», 2017. – №1 (122). – С. 48-52.

5. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеей 1520мм / [Аверин Н.А., Заикин Г.И., Буханцев А.А., Желнин Г.Г и др.] – М.: ВНИИЖТ, 1998. – 145 с.

6. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних): ДСТУ 7598-2014. - [Чинний від 2015-07-01]. - Київ : Держспоживстандарт України, 2014. – 162 с. – (Нац. стандарт України).

7. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення : ДСТУ 3974-2000. - [Чинний від 2001-07-01]. - Київ : Держстандарт України, 2001. – 34 с. – (Нац. стандарт України).

8. Порядок розроблення та поставлення продукції на виробництво для потреб залізничного транспорту в системі Міністерства транспорту України : ГСТУ 32.0.08.001-97. - [Чинний від 1999-07-01]. - Київ : Мінтранс

України, 1999. – 106 с. – (Нормативний документ Мінтранса України. Інструкція).

9. Тяговий рухомий склад. Зварювання, наплавлення та напилення. Правила ремонту (ЦТ-0227) : ВНД УЗ 32.205.046-2014. – [Чинний від 2014-06-17]. – Київ : Укрзалізниця, 2014. – 413 с. – (Нормативний документ Укрзалізниця. Інструкція).

10. Технічні умови та процедура підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання металевих матеріалів. Частина 2. Технологічна інструкція для дугового зварювання (ISO 9956-2:1995) : ДСТУ 3951.2-2000. - [Чинний від 2000-04-06] - Київ : Держспоживстандарт України, 2000. – 9 с. - (Нац. стандарт України).

11. Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічним якостям : ДСТУ ГОСТ 33211-2017. - [Чинний від 2017-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 54 с. - (Нац. стандарт України).

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Петренко В'ячеслав Олександрович**,  
начальник науково-впроваджувального  
центру філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця».  
Вул. І.Федорова, 39, Київ, Україна, 03038.  
Тел. +38 050 444 19 05.  
E-mail: petrenko1520mm@gmail.com.

**Буліч Дмитрій Іванович**,  
провідний інженер відділу контролю технічного стану вагонів філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця»; аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного університету інфраструктури та технологій.  
Вул. І.Федорова, 39, Київ, Україна, 03038.  
Тел. +38 067 863 46 18.  
E-mail: bulich.1520mm@gmail.com.