

А.О. Сулим

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

Ю.С. Павленко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-12-57, E-mail: usp.mmm.un@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3228>

О.М. Білецький

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-12-57, E-mail: biletzkyi81@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1729-2777>

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВОЗІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ЗАВЕРШЕНИМ СТРОКОМ СЛУЖБИ

В статті обґрунтовано необхідність проведення науково-експериментальних досліджень, спрямованих на отримання нових знань про вплив навколишнього середовища, роду виконуваних робіт та інших умов експлуатації на несні конструкції кузовів та візків тепловозів промислового залізничного транспорту, а саме виникнення механічних пошкоджень у цих конструкціях. Виконано оцінку технічного стану несних конструкцій тепловозів промислового транспорту.

Проаналізовано результати науково-експериментальних досліджень несних металоконструкцій кузовів і візків тепловозів промислового залізничного транспорту різних типів, які мають завершений строк служби та експлуатуються від 25 до 50 років, за критерієм наявності механічних пошкоджень. При цьому об'єкти досліджень територіально перебувають у різних областях України, мали різні навантаження та вплив навколишнього середовища.

Запропоновано класифікацію механічних пошкоджень несних конструкцій тепловозів та їх візків на підставі отриманих даних технічного діагностування. Запропоновано класифікацію умов роботи тепловозів промислового залізничного транспорту залежно від їх умов експлуатації. Наведено критерії виключення тепловоза з інвентарного парку за наявністю механічних пошкоджень. Визначено експлуатаційні умови, за яких зафіксовано найбільшу кількість механічних пошкоджень. Перелічено деталізовані механічні пошкодження несних конструкцій тепловозів, що підлягали списанню з інвентарного парку підприємств.

© Сулим А.О., Павленко Ю.С., Білецький О.М., 2024

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Визначено, що інтенсивність механічних пошкоджень не залежить від типу тепловозу, а в значній мірі залежить від умов експлуатації цього тепловозу. Визначено найбільш характерні типи механічних пошкоджень несних конструкцій тепловозів залежно від роду виконуваних робіт. У більшості випадків механічні пошкодження несних конструкцій обстежуваних типів тепловозів відсутні, а їх стан оцінюється як задовільний, з можливістю подовження строку служби.

Ключові слова: візок, механічне пошкодження, несна конструкція, промисловий залізничний транспорт, строк служби, тепловоз.

Вступ та постановка проблеми. Тепловозний парк промислового залізничного транспорту України складається із різних моделей тепловозів закордонного виробництва, випущених переважно до 1995 року. Основу цього парку складають тепловози типу ЧМЕ, ТЕМ, ТГМ, 2ТЕ10, 2ТЕ116, М62, ТГК та їх модифікації. В нинішніх реаліях у промислових підприємств України немає можливості закупівлі новостворених вітчизняних тепловозів, оскільки їх виробництво на теперішній час не освоєно, та недостатньо коштів для закупівлі тепловозів закордонних виробників, тому гостро стоїть питання необхідності подовження строку служби існуючих.

Подовження строку служби тепловозів виконують згідно розроблених та погоджених встановленим порядком методик досліджень, які передбачають проведення технічного діагностування кожного окремого тепловоза. Основою рішення про можливість подовження строку служби тепловоза є позитивні результати досліджень в ході проведення його технічного діагностування. Під час технічного діагностування аналізують механічні та корозійні пошкодження несних конструкцій тепловозів та їх візків з визначенням їх фактичних величин методами неруйнівного контролю. Порівнюють отримані фактичні величини пошкоджень та зносів з допустимими значеннями, встановленими в нормативній документації та методиках досліджень. За результатами досліджень оформлюють технічні рішення щодо можливості подальшої експлуатації обстежених тепловозів та рекомендують вид ремонту за умови подовження строку служби тепловоза. Під час технічного діагностування змінні вузли та деталі тепловоза огляду та аналізуванню не підлягають.

Аналіз останніх досліджень. Питання подовження строку служби, технічного діагностування, модернізації з подальшим подовженням строку служби тепловозів розглядалися в роботах [1–7]. Так, в роботах [1, 2] виконано дослідження з визначення можливості подовження строку служби тепловозів ЧМЕЗ, 2ТЕ10 та їх модифікацій. В публікації [3] проаналізовано інтенсивність зносу несних конструкцій маневрових тепловозів промислового залізничного транспорту. В статтях [4–6] розглядалися питання модернізації тепловозів, які експлуатуються на магістральних коліях та коліях промислових підприємств. В роботах [4, 5] розглянуто підвищення ефективності роботи магістральних тепловозів 2ТЕ116 шляхом їх модернізації. В публікації [6] проаналізовано питання модернізації маневрових тепловозів ТГМ6 в Україні. Дослідження механічних пошкоджень тепловозів виконувались та наведені в роботах [1, 2, 7].

Однак в розглянутих наявних роботах не виконувались дослідження з визначення характерних типів механічних пошкоджень залежно від роду виконуваних робіт тепловозами та умов їх експлуатації. Під умовами експлуатації мається на увазі вплив різних умов навколишнього середовища та ударних навантажень. Так, в роботі [3] зокрема стверджується, що умови навколишнього середовища (умови гірничо-збагачувальних комбінатів, заводів металевих виробів, портів тощо) здійсню-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ють різний вплив на інтенсивність корозійного зносу тепловоза промислового залізничного транспорту. Проте в цій роботі не розглянуто яким чином ті чи інші умови навколишнього середовища і навантаження впливають на інтенсивність виникнення механічних пошкоджень рам кузовів тепловозів та їх візків. В роботі [2] наведено типові місця виникнення механічних пошкоджень рам кузовів та візків тепловозів серії 2TE10, що працюють на магістральних коліях переважно здійснюючи вивізну роботу та коліях промислових підприємств у кар'єрах, здійснюючи маневрові роботи. Проте в цій роботі також детально не досліджується виявлені типи механічних пошкоджень залежно від впливу умов їх експлуатації. Тому в цій роботі пропонується зупинитись на цих питаннях та детальніше їх дослідити.

Мета статті – аналізування механічних пошкоджень несних конструкцій тепловозів промислового залізничного транспорту залежно від роду виконуваних робіт та умов експлуатації, насамперед кліматичних та агресивних умов навколишнього середовища.

Матеріал та результати досліджень. У період з 2018 по 2024 роки спеціалістами Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») на коліях промислових підприємств України були проведені науково-експериментальні дослідження несних металоконструкцій кузовів і візків тепловозів державних та приватних власників, побудованих у 1963-2002 роках. Об'єктами науково-експериментальних досліджень стали тепловози промислового призначення з завершеним строком служби:

- маневровий тепловоз серії ЧМЕЗ всіх модифікацій, капотного типу з електричною передачею, виробництва виробничого об'єднання ЧКД-Прага;
- маневрові тепловози серій ТЕМ1, ТЕМ2, ТЕМ15, ТЕМ18 всіх модифікацій, капотного типу з електричною передачею, виробництва Брянського машинобудівного заводу та Ворошиловградського тепловозобудівного заводу;
- маневрові тепловози серій ТГМ4, ТГМ6 всіх модифікацій, капотного типу з гідравлічною передачею, виробництва Людиновського тепловозобудівного заводу;
- маневрово-вивізний тепловоз серії ТЕМ7, капотного типу з електричною передачею, виробництва Людиновського тепловозобудівного заводу;
- тепловоз серії 2TE10 всіх модифікацій, кузовного типу з електричною передачею, виробництва Ворошиловградського тепловозобудівного заводу;
- тепловоз серії 2TE116 всіх модифікацій, кузовного типу з електричною передачею, виробництва Ворошиловградського тепловозобудівного заводу;
- тепловоз серії М62 всіх модифікацій, кузовного типу з електричною передачею, виробництва Ворошиловградського тепловозобудівного заводу;
- маневровий тепловоз серії ТГМ40 всіх модифікацій, капотного типу з гідравлічною передачею, виробництва Камбарського машинобудівного заводу;
- маневровий тепловоз серії ТГМ23 всіх модифікацій, капотного типу з гідравлічною передачею, виробництва Муромського тепловозобудівного заводу;
- маневровий тепловоз серії ТГК2 всіх модифікацій, капотного типу з гідравлічною передачею, виробництва Калужського машинобудівного заводу.

Зовнішній вигляд деяких із вищезазначених типів тепловозів промислового залізничного транспорту, яким проведено науково-експериментальні дослідження несних металоконструкцій кузовів і їх візків, зображено на рис. 1.

У цей період було виконано технічне діагностування 437 тепловозам зазначених типів та їх модифікацій, що експлуатувалися з різними навантаженнями, кліматичними умовами та різним ступенем агресивності навколишнього середовища.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)



з)



і)



к)



л)



м)

Рис. 1. Тепловози промислового залізничного транспорту типу:

*а – ТГМ4; б – ТГМ6; в – ТГМ23; г – ТЕМ2; д – ТЕМ7; е – ТЕМ15; ж – ЧМЕ3; з – 2ТЭ10;
і – 2ТЭ116; к – М62; л – ТГМ40; м – ТГК2*

Науково-експериментальні дослідження несних металоконструкцій кузовів і візків тепловозів було проведено згідно вимог типових методик [8, 9] з використанням ультразвукового, магнітопорошкового, капілярного та інших методів неруйнівного контролю за вимогами [10-12].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Під час аналізу механічних пошкоджень було прийнято таку класифікацію умов експлуатації тепловозів промислового залізничного транспорту:

- за родом виконання робіт: маневрово-вивізні, маневрові, вивізні;
- за кліматичними умовами: помірні та помірні з підвищеною вологістю;
- за агресивністю умов середовища: звичайні, з підвищеним вмістом пилу (робота у різного типу кар'єрах), з підвищеними температурами (металургійні, сталеплавильні, гірничо-збагачувальні комбінати), з підвищеним вмістом хімічних сполук (хімічні підприємства).

Тепловоз, у якого завершився строк служби підлягає виключенню з інвентарного парку за наявності одного з наступних механічних пошкоджень рами:

- тріщина одного з швелерів хребтової балки;
- тріщини, розриви у вузлі з'єднання хребтової балки з кронштейном опори;
- горизонтальний, більший за 100 мм або вертикальний прогин, більший за 200 мм хребтової балки;
- відхилення від площинності рами більше ніж 75 мм;
- вертикальний прогин в середній частині рами 100 мм і більше (для тепловозів пошкоджених при пожежах).

Візок тепловоза підлягає виключенню з експлуатації за наявності одного з наступних пошкоджень:

- тріщини (тріщина) зварних швів у місці з'єднання поздовжньої і поперечної балки рами, які виходять на елементи зварювальних вузлів;
- тріщина вертикального листа поперечної балки рами з переходом на горизонтальний лист;
- дві та більше тріщин елементів поздовжньої або поперечної балки рами незалежно від їхнього місця розташування, напрямку і розмірів;
- тріщини (тріщина) в зварних швах або основному металі поперечних та поздовжніх балок рами.

За результатами аналізу значної вибірки даних щодо механічних пошкоджень в процесі науково-експериментальних досліджень тепловозів з завершеним строком служби для різних їх умов експлуатації встановлено таке.

1. Запропоновано наступну класифікацію механічних пошкоджень несних конструкцій тепловозів та їх візків на підставі даних технічного діагностування.

ЧМЕЗ та їх модифікації: тріщина, деформація, прогин хребтової балки 1, 2 консольної частини (код 01; 02); тріщина, деформація, прогин хребтової балки 3, 4 середньої частини (код 03; 04); тріщина, деформація, прогин шворневої балки 1, 2 лівої сторони (код 05; 06); тріщина, деформація, прогин шворневої балки 1, 2 правої сторони (код 07; 08); тріщина, деформація, прогин поперечної балки 1, 2 (код 09; 10); тріщина, деформація, прогин буферного бруса 1, 2 лівої сторони (код 11; 12); тріщина, деформація, прогин буферного бруса 1, 2 правої сторони (код 13; 14); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 15). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 16); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки (код 17); тріщина, деформація, прогин поперечної балки (код 18).

ТГМ4, ТГМ6 та їх модифікації: тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (ліва сторона) (коди 01-04); тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (права сторона) (коди 05-08); тріщина, деформація, прогин кронштейну опори 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (коди 09-16); тріщина, деформація, прогин кронштейна (код 17); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 18). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 19); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки (код 20); тріщина, деформація, прогин поперечної балки (код 21).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ТЕМ1, ТЕМ2, ТЕМ15 та їх модифікації: тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (ліва сторона) (коди 01-04); тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (права сторона) (коди 05-08); тріщина, деформація, прогин листа настилу верхнього (код 09); тріщина, деформація, прогин листа настилу нижнього (код 10); тріщина, деформація, прогин поперечного листа (код 11); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 12); тріщина, деформація, прогин кронштейну опори 1, 2, 3, 4 (коди 13-16). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 17); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки (код 18); тріщина, деформація, прогин поперечної балки (код 19).

ТЕМ7: тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (ліва сторона) (коди 01-04); тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (права сторона) (коди 05-08); тріщина, деформація, прогин листа настилу верхнього (код 09); тріщина, деформація, прогин листа настилу нижнього (код 10); тріщина, деформація, прогин поперечного листа (код 11); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 12); тріщина, деформація, прогин кронштейну опори 1/5, 2/6, 3/7, 4/8 (коди 13-16). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 17); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки (код 18); тріщина, деформація, прогин бокової балки проміжної рами (код 19); тріщина, деформація, прогин шворневої балки проміжної рами (код 20).

ТЕМ18: тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (ліва сторона) (коди 01-04); тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (права сторона) (коди 05-08); тріщина, деформація, прогин кронштейну опори 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (коди 09-16); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 17); тріщина, деформація, прогин листа настилу верхнього (код 18); тріщина, деформація, прогин поперечного листа (код 19). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 20); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки в середині (код 21); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки ззовні (код 22); тріщина, деформація, прогин поперечної балки (код 23).

ТЕ10, ТЕ116, М62 та їх модифікації: тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (ліва сторона) (коди 01-04); тріщина, деформація, прогин поздовжньої балки 1, 2, 3, 4 (права сторона) (коди 05-08); деформація, прогин кронштейну опори 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (коди 09-16); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 17); тріщина, деформація, прогин листа настилу верхнього (код 18); тріщина, деформація, прогин поперечного листа (код 19). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 20); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки (код 21); тріщина, деформація, прогин бокової поперечної балки (код 22).

ТГМ40 та його модифікації: тріщина, деформація, прогин хребтової балки 1, 2, 3, 4 (ліва сторона) (коди 01-04); тріщина, деформація, прогин хребтової балки 1, 2, 3, 4 (права сторона) (коди 05-08); деформація, прогин кронштейну опори 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (коди 09-16); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 17). **Візки:** тріщина, деформація, прогин бокової балки (код 18); тріщина, деформація, прогин кінцевої балки (код 19); тріщина, деформація, прогин бокової поперечної балки (код 20).

ТГМ23, ТГК2 та їх модифікації: тріщина, деформація, прогин хребтової балки 1, 2 консольної частини (коди 01-02); тріщина, деформація, прогин хребтової балки 3, 4 середньої частини (коди 03-04); тріщина, деформація, прогин лобового листа (код 05); тріщина, деформація, прогин кронштейну настилу (код 06); тріщина, деформація, прогин поперечної балки 1, 2, 3 настилу (коди 07-09); тріщина, деформація, прогин обносного поясу (код 10); тріщина, деформація, прогин верхнього поясу

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

права сторона 1, 2 (коди 11-12); тріщина, деформація, прогин верхнього поясу ліва сторона 1, 2 (коди 13-14).

2. Визначено, що найбільше механічних пошкоджень зафіксовано у несних конструкціях тепловозів, які здійснюють переважно маневрові роботи з високою інтенсивністю співударів та експлуатуються в помірних кліматичних умовах з підвищеною вологістю, а також металургійних та хімічних підприємствах з підвищеною температурою та підвищеним вмістом хімічних сполук відповідно. До маневрових робіт з високою інтенсивністю слід віднести роботи у кар'єрах, металургійних підприємствах, морських портах тощо. У свою чергу, механічних пошкоджень у несних конструкціях тепловозів за умов дотримання правил технічної експлуатації та ремонту, які займаються вивізними та маневрово-вивізними роботами за помірних кліматичних умов та звичайних неагресивних умов середовища, практично не зафіксовано.

3. Виключено з інвентарного парку 3 з-поміж 437 тепловозів, яким проводилось технічне діагностування, за наявністю таких механічних пошкоджень:

Тепловоз типу ТГМ4, 1985 року побудови: тріщина довжиною 150 мм поперечної перегородки між повздовжніми балками хребтової балки в зоні паливного баку; тріщина довжиною 90 мм правої повздовжньої балки хребтової в зоні паливного баку; тріщина довжиною 30 мм лівої повздовжньої балки хребтової між заклепками в зоні розташування заднього стяжного ящика ударно-поглинального апарату; прогин повздовжніх балок та хребтової балки в консольній частині тепловоза до 20 мм (в районі кабіни машиніста).

Тепловоз типу ТГМ23В48, 1991 року побудови: горизонтальна тріщина довжиною 140 мм правого вертикального листа хребтової балки в зоні кріплення заднього стяжного ящика ударно-поглинального апарату; тріщина довжиною 130 мм правого вертикального листа заднього стяжного ящика в зоні упора ударно-поглинального апарату; деформація правого вертикального листа хребтової балки в зоні кріплення заднього стяжного ящика ударно-поглинального апарату розмірами 410x35 мм.

Тепловоз типу ТЕМ2М, 1987 року побудови: деформація хребтової балки (вигин до 85 мм) рами кузова тепловоза в районі кабіни машиніста (рис. 2, а); чотири Г-образні ремонтні накладки на вертикальних стінках правого та лівого двотаврів хребтової балки рами кузова тепловоза, у вузлі з'єднання хребтової балки з кронштейном опори в районі кабіни машиніста розміром (400x300 мм) (рис. 2, б); чотири ремонтні накладки на нижніх горизонтальних полицях правого та лівого двотаврів хребтової балки рами кузова тепловоза, у вузлі з'єднання хребтової балки з кронштейном опори в районі кабіни машиніста розміром (300x300 мм); відхилення від площинності рами більше ніж 75 мм.

4. Визначено, що інтенсивність механічних пошкоджень не залежить від типу тепловозу, а в значній мірі залежить від умов експлуатації цього тепловозу, зокрема роду та інтенсивності виконуваних робіт, кліматичних умов та агресивності умов навколишнього середовища.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



а

б

Рис. 2. Дефекти несної конструкції тепловоза:

а – деформація хребтової балки (вигин до 85 мм); *б* – ремонтні накладки на вертикальних стінках правого та лівого двотаврів хребтової балки рами кузова

5. Визначено, що найбільш характерним типом механічних пошкоджень для тепловозів, що здійснюють вивізні та маневрово-вивізні роботи є тріщини та деформації (прогини) листів у середніх частинах хребтових балок. Для тепловозів, що здійснюють маневрові роботи значної інтенсивності в кар'єрах, металургійних комбінатах, морських портах найбільш характерним типом механічних пошкоджень є горизонтальні тріщини в листах поздовжніх хребтових балок в консольній частині тепловоза в зоні упора ударно-поглинального апарату, прогин поздовжніх балок хребтової балки в консольній частині тепловоза, деформація листів хребтової балки в зоні кріплення заднього стяжного ящика ударно-поглинального апарату.

Висновки. За результатами виконаних науково-експериментальних досліджень щодо аналізу механічних пошкоджень тепловозів промислового залізничного транспорту запропоновано класифікацію механічних пошкоджень їх несних конструкцій; визначено експлуатаційні умови тепловозів, за яких зафіксовано найбільша кількість механічних пошкоджень несних конструкцій та існує висока ймовірність їх виникнення; детально перераховані механічні пошкодження тепловозів, за якими ті було виключено з інвентарного парку промислових підприємств; встановлено відсутність залежності виникнення механічних пошкоджень від типу обстежуваного тепловозу, проте визначено, що існує залежність кількості механічних пошкоджень від умов експлуатації тепловоза; визначено найбільш характерні типи механічних пошкоджень залежно від роду виконуваних робіт та умов експлуатації. В цілому у більшості випадків (за виключенням поодиноких випадків) пошкодження механічного характеру несних конструкцій на кожному із розглянутих типів обстежуваних тепловозів з завершеним строком служби відсутні, що свідчить про наявність запасу міцності цих конструкцій та можливості подовження строку служби тепловозам на визначений термін за умови виконання призначеного виду ремонту. Отримані результати науково-експериментальних досліджень щодо аналізу механічних пошкоджень тепловозів промислового залізничного транспорту дозволять у подальшому удосконалити методики технічного діагностування тепловозів шляхом приділення окремої уваги зонам, у яких існує найбільша ймовірність виникнення механічних пошкоджень залежно від умов експлуатації тепловозів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кара С.В., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Гордієнко Т.М. Дослідження несучих конструкцій тепловозів серії ЧМЕЗ та визначення можливості продовження терміну їх експлуатації. *Залізничний транспорт України*. 2019. № 3. С. 9–13. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-09-13>
2. Леонєць В.А., Кара С.В., Прокопенко П.М. Оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів серії 2ТЕ10 та визначення можливості продовження терміну їх експлуатації. *Залізничний транспорт України*. 2019. № 4. С. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-133-4-19-28>
3. Горобець Є.В. Аналіз динаміки зносу несучих конструкцій маневрових тепловозів промислового залізничного транспорту під впливом корозії матеріалу. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2020. № 6 (90). С. 57–65. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/224336>
4. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Полулях С.М. Питання модернізації магістральних тепловозів 2ТЕ116 в Україні. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2020. Вип. 21. С. 78–96. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309.2020.21.78-96>
5. Матяш В.О., Бова М.М. Підвищення ефективності роботи тепловоза серії 2ТЕ116 шляхом його модернізації. *Залізничний транспорт України*. 2018. № 1. С. 57–63.
6. Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М. Питання модернізації маневрових тепловозів ТГМ6 в Україні. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2023. Вип. 26. С. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2023-26-25-39>
7. Леонєць В.А. Вплив тривалої експлуатації залізничного рухомого складу на працездатність його несучих конструкцій. *Залізничний транспорт України*. 2017. № 1. С. 24–31.
8. М 4.1.00740. Технічне діагностування та оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів з метою подовження їх терміну служби. *Методика технічного діагностування*. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2018. 46 с.
9. М 4.1.00740. Технічне діагностування та оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів з метою подовження їх терміну служби. *Методика технічного діагностування (зі змінами та доповненнями)*. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2018. 56 с.
10. ДСТУ EN ISO 3059:2016 (EN ISO 3059:2012, IDT; ISO 3059:2012, IDT) Неруйнівний контроль. Капілярний та магнітопорошковий контроль. Умови огляду. Чинний від 01.08.2016. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 10 с.
11. ДСТУ EN ISO 16823:2016 (EN ISO 16823:2014, IDT; ISO 16823:2012, IDT) Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Метод проходження. Чинний від 01.08.2016. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 15 с.
12. ДСТУ EN 13018:2017 (EN 13018:2016, IDT) Неруйнівний контроль. Візуальний контроль. Загальні принципи. Чинний від 01.10.2017. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 8 с.

A.O. Sulym

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

Yu.S. Pavlenko

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-12-57, E-mail: usp.mmm.un@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3228>

O.M. Biletskyi

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-12-57, E-mail: biletskyi81@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1729-2777>

AN OVERVIEW OF MECHANICAL DAMAGES TO LOAD-BEARING STRUCTURES OF INDUSTRIAL RAILWAY DIESEL LOCOMOTIVES WITH AN EXPIRED SERVICE LIFE

The article substantiates the need for scientific and experimental research aimed at obtaining new knowledge about the influence of the environment, the type of work performed, and other operating conditions on the bearing structures of bodies and bogies of industrial railway locomotives, namely, the occurrence of mechanical damage in these structures. The technical condition of the bearing structures of industrial railroad locomotives is assessed.

The results of scientific and experimental studies of non-supporting metal structures of bodies and bogies of diesel locomotives of industrial railway transport of various types, which have an expired service life and have been in operation from 25 to 50 years, are analyzed according to the criterion of mechanical damage. At the same time, the objects of research are geographically located in different regions of Ukraine, had different loads and environmental impact.

The classification of mechanical damage to the bearing structures of diesel locomotives and their bogies based on the obtained technical diagnostic data is proposed. The classification of operating conditions of industrial railway locomotives depending on their operating conditions is proposed. The criteria for excluding a diesel locomotive from the inventory fleet in the presence of mechanical damage are given. The operating conditions, under which the greatest number of mechanical damages were recorded, are identified. The detailed mechanical damages of the bearing structures of diesel locomotives that were subject to write-off from the inventory of enterprises are listed.

It has been determined that the intensity of mechanical damage does not depend on the type of diesel locomotive, but largely depends on the operating conditions of this locomotive. The most characteristic types of mechanical damage to the bearing structures of diesel locomotives have been determined, depending on the type of work performed. In most cases, there are no mechanical damages to the bearing structures of the examined types of locomotives, and their condition is assessed as satisfactory, with the possibility of extending their service life.

Key words: bogie, mechanical damage, load-bearing structure, industrial railway transport, service life, diesel locomotive.

REFERENCES

1. Kara, S.V., Petrenko, V.O., Prokopenko, P.M., & Hordienko, T.M. (2019). Doslidzhennia nesuchykh konstruksii teplovoziv serii ChME3 ta vyznachennia mozhlyvosti prodovzhennia terminu yikh ekspluatatsii [Study of load-bearing structures of CHME3 series diesel locomotives and determination of the possibility of extending their service life]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 3, 9–13. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-09-13> [in Ukrainian]
2. Leonets, V.A., Kara, S.V., & Prokopenko, P.M. (2019). Otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstruksii teplovoziv serii 2TE10 ta vyznachennia mozhlyvosti prodovzhennia terminu yikh ekspluatatsii [Estimation of the residual service life of bearing structures of 2TE10 series locomotives and determination of the possibility of extending their service life]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 4, 19–28. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-133-4-19-28> [in Ukrainian]
3. Horobets, Ye.V. (2020). Analiz dynamiky znosu nesuchykh konstruksii manevrovyykh teplovoziv promyslovoho zaliznychnoho transportu pid vplyvom korozii materialu [Analysis of the dynamics of wear of

bearing structures of shunting diesel locomotives of industrial railway transport under the influence of material corrosion]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipro National University of Railway Transport*, 6 (90), 57–65. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/224336> [in Ukrainian]

4. Yezhov, Yu.V., Pavlenko, Yu.S., & Poluliakh, S.M. (2020). Pytannia modernizatsii mahistralnykh teplovoziv 2TE116 v Ukraini [Issues of modernization of mainline diesel locomotives 2TE116 in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of research papers «Railbound rolling stock»*, 21, 78–96. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309.2020.21.78-96> [in Ukrainian]

5. Matiash, V.O., & Bova, M.M. (2018). Pidvyshchennia efektyvnosti roboty teplovoza serii 2TE116 shliakhom yohomodernizatsii [Increasing the efficiency of the 2TE116 series diesel locomotive by its upgrading]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 1, 57–63 [in Ukrainian]

6. Pavlenko, Yu.S., Voitenko, O.I., & Poluliakh, S.M. (2023). Pytannia modernizatsii manevrovnykh teplovoziv THM6 v Ukraini [Issues of modernization of shunting diesel locomotives TGM6 in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of research papers «Railbound rolling stock»*, 26, 25–39. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2023-26-25-39> [in Ukrainian]

7. Leonets, V.A. (2017). Vplyv tryvaloï ekspluatatsii zaliznychnoho rukhomoho skladu na pratsezdattist yoho nesuchykh konstrukttsii [Influence of long-term operation of railway rolling stock on the performance of its bearing structures]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 1, 24–31 [in Ukrainian]

8. Tekhnichne diahnostuvannia ta otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstrukttsii teplovoziv z metoiu podovzhennia yikh terminu sluzhby [Technical diagnostics and assessment of the residual life of bearing structures of heat carriers in order to extend their service life]. (2018). *M 4.1.00740. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia – Procedure for technical diagnostics*. Kremenchuk, DP «UkrNDIV» [in Ukrainian]

9. Tekhnichne diahnostuvannia ta otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstrukttsii teplovoziv z metoiu podovzhennia yikh terminu sluzhby [Technical diagnostics and assessment of the residual life of bearing structures of heat carriers in order to extend their service life]. (2018). *M 4.1.00740. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia (zi zminamy ta dopovnenniamy) - Procedure for technical diagnostics (with changes and additions)*. Kremenchuk, DP «UkrNDIV» [in Ukrainian]

10. Neruinivnyi kontrol. Kapiliarnyi ta mahnitoporoshkovyi kontrol. Umovy ohliadu [Non-destructive testing. Capillary and magnetic particle testing. Conditions of inspection]. (2016). *DSTU EN ISO 3059:2016 (EN ISO 3059:2012, IDT; ISO 3059:2012, IDT) from the 1-st August 2016*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian]

11. Neruinivnyi kontrol. Ultrazvukovy kontrol. Metod prokhozhenia [Non-destructive testing. Ultrasonic inspection. Method of passing]. (2016). *DSTU EN ISO 16823:2016 (EN ISO 16823:2014, IDT; ISO 16823:2012, IDT) from the 1-st August 2016*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian]

12. Neruinivnyi kontrol. Vizualnyi kontrol. Zahalni pryntsyipy [Non-destructive testing. Visual inspection. General principles]. (2017). *DSTU EN 13018:2017 (EN 13018:2016, IDT) from the 1-st October 2017*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].