ISSN 2304-6309

МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ
Державне підприємство
“Український науково-дослідний інститут вагонобудування”

# Збірник наукових праць

# Рейковий рухомий склад

Випуск 17

Кременчук 2018

ЗМІСТ

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

***А.О. Сулим, С.О. Столєтов, Е.В. Третяк, В.С. Речкалов, П.О. Хозя*** Теоретично-експериментальні дослідження з впливу рухомого складу на залізничну колію. Частина 1. Описання процедури комплексних досліджень.....4

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко, С.М. Полулях*** Дослідження технічного стану несучих металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделі 81-717/714 та їх модифікацій.....22

***О.І. Войтенко*** Дослідження модернізації вагонів метрополітену в Україні як альтернативи придбанню нового рухомого складу та порядку проведення робіт з модернізації .....29

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко, С.М. Полулях*** Дослідження технічного стану несучих металоконструкцій кузовів вагонів типу Ема-502 Тбіліського метрополітену .....36

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко*** Удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів ….....46

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко, В.С. Речкалов*** Капітально-відновлювальний ремонт пасажирських вагонів локомотивної тяги як засіб забезпечення залізниць рейковим рухомим складом .....51

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко*** Алгоритм відбору зразка пасажирського вагона локомотивної тяги для контрольних випробувань.....62

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко*** Вантажні тепловози американського виробництва для залізниць України .....71

***В.В. Ільчишин, А.М. Стринжа, В.А. Худієнко, Д.В. Федосов-Ніконов, В.М. Полулях (ДП «УкрНДІВ»), С.В. Долінський (ПрАТ «Дніпровагонмаш»)*** Теоретичні та експериментальні дослідження міцності інноваційної конструкції бункерного вагона .....78

***І.В. Гладких, А.О. Сулим*** Інновації від Innotrans 2018. Аналітичний огляд.....86

***А.О. Сулим, А.В. Донченко, Ж. О. Семко*** Проблемні питання стандартизації в галузі транспортного машинобудування для залізничного транспорту……..101

***А.О. Сулим, С.О. Столєтов, Е.В. Третяк*** Встановлення умов обертання напіввагона моделі 12-7023-01 після деповського ремонту на коліях залізниць України……...105

*УДК 625.1/.3:0.45/.049*

***А.О. Сулим, С.О. Столєтов, Е.В. Третяк, В.С. Речкалов, П.О. Хозя***

# ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВПЛИВУ РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЧНУ КОЛІЮ. ЧАСТИНА 1. ОПИСАННЯ ПРОЦЕДУРИ КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

***В статті запропоновано процедуру теоретично-експериментальних досліджень з впливу рухомого складу на залізничну колію. Розглянуто основні аспекти і етапи, а також описано математичне забезпечення виконання цих досліджень. Встановлено, що повний комплекс досліджень з впливу на колію складається з доекспериментальних, експериментально-розрахункових та експериментальних досліджень за допомогою вимірювального комплексу. Запропоновано подальші дослідження направити на апробацію зазначеної процедури досліджень.***

**Вступ та постановка проблеми.** Залізнична колія є найбільш капіталоємною ланкою системи, що забезпечує безпечні умови перевезень, і тому для неї в першу чергу необхідно визначати оптимальні умови експлуатації, у тому числі найбільші допустимі та раціональні швидкості руху поїздів. Під раціональними швидкостями руху розуміють такі найбільші швидкості руху, які при заданих термінах служби елементів колії, заданих витратах на її експлуатацію, заданій системі експлуатації колії повністю забезпечують за міцністю її елементів безпечне слідування поїздів [1].

Отже дослідження, направлені на визначення оптимальних умов експлуатації інфраструктури залізничного транспорту, є досить важливими. Важливість проведення досліджень, в першу чергу, диктується безпечними умовами перевезень, в другу – забезпеченням мінімальних витрат під час експлуатації інфраструктури залізничного транспорту. Одним з важливих етапів проведення зазначених досліджень є комплексні випробування з впливу рухомого складу на колію, які включають оцінку динамічних якостей рухомого складу, його вплив на залізничну колію та стрілочні переводи, результати яких використовуються для встановлення допустимих швидкостей руху та умов обертання.

Випробування з впливу на колію виконуються, насамперед, для новоствореного рухомого складу з метою перевірки критерію неперевищення допустимих умов взаємодії. Дані випробування виконують в прямій, пологій та крутій кривих та на стрілочних переводах з вимірюванням динамічних і силових процесів [1–4].

Аналіз досліджень [1–3, 5–13] з впливу рухомого складу на колію за останній період свідчить, що основна їх частина направлена на визначення впливу на колію вантажних вагонів з підвищеним осьовим навантаженням та швидкісного пасажирського рухомого складу (пасажирських вагонів, швидкісних електропоїздів і локомотивів).

***© Сулим А.О., Столєтов С.О., Третяк Е.В., Речкалов В.С, Хозя П.О., 2018***

За результатами аналізу вищезазначених досліджень також встановлено, що останнім часом відбуваються суттєві зміни в конструкції верхньої будови колії та новоствореного рухомого складу. Дослідженнями в цьому напрямку займається значна кількість вітчизняних та іноземних вчених. Слід окремо виділити дослідження науковців Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка Лазаряна (Рибкіна В.В., Уманова М.І., Татуревича А.П., Циганенка В .В., Савлука В.Є., Кургана М.Б., Кургана Д.М., Арбузова М.А., Патласова О.М., Бондаренка О.І.), Державного економіко-технологічного університету транспорту (Даніленка Е.І., Йосифовича Р.М., Карпова М.І., Молчанова В.М., Велінця В.П.), Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту (Веріго М.Ф., Ромена Ю.С., Тихова М.С., Заверталюка А.В., Когана О.Я.). Отже питання дослідження взаємодії нового рухомого складу з інфраструктурою залізничного транспорту (залізничною колією та стрілочними переводами) залишається важливим і актуальним. Отримання позитивних результатів досліджень з впливу новоствореного рухомого складу на колію є одним з важливих етапів постановки його на виробництво.

Таким чином, дана стаття присвячена актуальному питанню щодо дослідження впливу дослідного рухомого складу на залізничну колію, зокрема розробці процедури повного комплексу досліджень.

**Мета роботи** – розробка процедури дослідження з впливу рухомого складу на залізничну колію та стрілочні переводи.

**Матеріал і результати досліджень.** В цій роботі запропоновано процедуру комплексних досліджень з впливу рухомого складу на залізничну колію, яка складається з наступних етапів:

– доекспериментальні дослідження (теоретичні дослідження з використанням аналітичних методів розрахунку або методів математичного моделювання, що виконуються перед проведенням випробувань);

– експериментально-теоретичні дослідження (розрахунково-експериментальна оцінка показників впливу на колію та стрілочні переводи з використанням результатів ходових динамічних випробувань дослідного рухомого складу);

– експериментальні дослідження (експериментальна оцінка показників впливу на колію та стрілочні переводи дослідного рухомого складу з використанням вимірювального комплексу).

***Перший етап.*** Доекспериментальні дослідження виконуються для оцінки показників впливу на залізничну колію на етапі проектування та виготовлення дослідного рухомого складу. Основним нормативним документом на території України для розрахунку впливу рухомого складу на колію є Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість (ЦП 0117) (далі – Правил розрахунків) [14]. Також під час розрахунків необхідно керуватись Типовою методикою оцінки виливу рухомого складу на колію [15] та діючими нормами, встановленими в ДСТУ 7571:2014 [4].

Вхідні дані для розрахунків беруться з технічної документації на дослідний рухомий склад (ТЗ, ТУ тощо), Правил розрахунків [14] та типової методики [15].

Згідно вищезазначених документів основними показниками з впливу рухомого складу на залізничну колію, які необхідно визначати під час доекспериментальних досліджень, є наступні:

– динамічні напруження в кромках підошви рейки на прямих і кривих ділянках

залізничної колії;

– напруження в шпалах під підкладками;

– напруження в баласті під шпалою;

– напруження на основній площадці земляного полотна;

– бічні сили, які передаються від колеса на рейку;

– динамічне вертикальне навантаження від колеса на рейку;

– коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають навантаженням, що передається на рейки;

– коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають за рамними силами;

– динамічне погонне навантаження на залізничну колію від візка.

Нижче наведено аналітичні вирази для визначення зазначених показників впливу дослідного рухомого складу на залізничну колію.

***Аналітичний метод розрахунку.***

**1. Визначення динамічного навантаження від одиночного колеса на рейку**

Динамічне вертикальне навантаження від колеса на рейку, визначається за формулою [14, 15]:

$$P_{розр} = P_{\max}^{ім} = \overline{P} + \lambda_{ф} \cdot S\,, \tag{1}$$

де $\overline{P}$ - середнє значення динамічної сили, кН;

$S$ – середньоквадратичне відхилення, кН;

$\lambda_{ф}$ - нормуючий множник ($\lambda_{ф}$=2,5) для заданого рівня імовірності $Ф$=0,994.

Середнє значення динамічного навантаження визначається за формулою [14]:

$$\overline{P} = P_{ст} + \overline{P}_{р}\,, \tag{2}$$

де $P_{ст}$ – статичний тиск колеса на рейку (береться з паспортних даних рухомого складу), кН;

$\overline{P}_{р}$ – середнє значення сили інерції, що викликається коливаннями надресорної частини екіпажу, кН (розраховується за формулою) [14, 15]:

$$\overline{P}_{р} = 0{,}75 P_{р}^{\max}\,, \tag{3}$$

Максимальне динамічне навантаження колеса на рейку від вертикальних коливань надресорної частини екіпажу $P_{р}^{\max}$ визначається одним з наступних способів.

*Перший спосіб.* Динамічне навантаження від колеса на рейку $P_{р}^{\max}$ з використанням емпіричних залежностей динамічних прогинів ресорного підвішування $Z_{\max}$ від швидкостей руху визначається за формулою [14, 15]:

$$P_{р}^{max} = Ж_{р} Z_{max}, \tag{4}$$

де $Ж_p$ – жорсткість ресорного підвішування візка, приведена до одного колеса, кН/м (береться як довідкове значення з табл. 1 додатку 1 ЦП 0117);

$Z_{\max}$ - максимальний динамічний прогин ресор, м (береться за результатами експериментальних досліджень або як довідкове значення з таблиці 5 ЦП 0117).

*Другий спосіб.* При відомих теоретичних довідкових значеннях $k_d$ - коефіцієнта динамічних добавок від вертикальних коливань надресорної частини екіпажу (іменованого також коефіцієнтом вертикальної динаміки екіпажу) $P_p^{\max}$ визначається за формулою [14, 15]:

$$P_p^{\max} = k_d\left(P_{cm} - q_k\right), \tag{5}$$

де $q_k$ – віднесена до колеса вага необресорених частин, кН (береться з паспортних даних досліджуваного рухомого складу або як довідкове значення з таблиці 1 ЦП 0117).

За відсутності теоретичних довідкових даних значення коефіцієнта вертикальної динаміки $k_d$ визначається за формулою [14, 15]:

$$k_d = 0{,}1 + 0{,}2\frac{V}{f_{cm}}, \tag{6}$$

де $V$ – швидкість руху, км/год.

При двухступеневому ресорному підвішуванні $f_{cm}$ приймається як сума статичних прогинів обох ступенів, які приведені в довідкових даних рухомого складу (ЦП 0117).

Сумарне середнє відхилення динамічного вертикального навантаження колеса на рейку $\bar{S}$ визначається за формулою композиції законів розподілу його складових:

$$\bar{S} = \sqrt{S_p^2 + S_{pн}^2 + 0{,}05S_{інк}^2 + 0{,}95S_{бнк}^2}, \tag{7}$$

де $S_p$ – середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку від вертикальних коливань надресорної частини екіпажу, кН;

$S_{pн}$ – середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку від сил інерції необресорених мас під час проходження колесом ізольованої нерівності колії, кН;

$S_{інк}$ – середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку від сил інерції необресорених мас, що виникають під час проходу ізольованої нерівності на рейковій нитці, кН;

$S_{бнк}$ – середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку від сил інерції необресореної маси, що виникають через наявність на поверхні кочення коліс плавних ізольованих нерівностей, кН.

Звичайно при відсутності конкретної інформації приймається середній відсоток осей, що мають ізольовану плавну нерівність, рівним 5%, відповідно – середній відсоток осей, що мають безперервну нерівність, рівний 95%.

Середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку від вертикальних коливань надресорної частини екіпажу визначається за формулою:

$$S_p = 0{,}08 P_p^{\max} \tag{8}$$

Середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку $S_p$ від сил інерції необресорених мас $P_{pн}^{\max}$, що виникають при проході ізольованої нерівності на рейковій нитці визначається за формулою [14, 15]:

$$S_{pн} = 0{,}707 P_{pн}^{\max} = 2{,}34 \cdot 10^{-5} \alpha_1 \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \varepsilon \cdot l_ш \overline{P} V \sqrt{\frac{U_z q_к}{k}} \quad , \tag{9}$$

де $V$ – швидкість руху, м/с;

$\overline{P}$ - середнє динамічне навантаження, Н;

$\alpha_0$, $\alpha_1$, $\varepsilon$, $\beta$, $\gamma$ – коефіцієнти впливу залежно від типу рейок, шпал, баласту (значення коефіцієнтів наведено в табл. 1);

$l_ш$ - відстань між осями шпал, м;

$U_z$ – модуль пружності підрейкової основи, МПа;

$q_к$ – величина необресореної маси екіпажу, Н, яка приходиться на 1 колесо;

$k$ - коефіцієнт відкосної жорсткості основи і рейки, м$^{-1}$.

*Таблиця 1* – **Значення коефіцієнтів впливу**

| **Параметри** | $\alpha_0$ | $\alpha_1$ | $\varepsilon$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Дерев'яні шпали | 0,433 | 1,0 | 1,0 | - | - |
| Залізобетонні шпали | 0,403 | 0,931 | 0,322 | - | - |
| Р50 | - | - | - | 1,00 | - |
| UIC60 | - | - | - | 0,90 | - |
| Р65 | - | - | - | 0,87 | - |
| Р75 | - | - | - | 0,82 | - |
| Щебінь і сортований гравій | - | - | - | - | 1,0 |
| Кар’єрний гравій і черепашник | - | - | - | - | 1,1 |
| Пісок | - | - | - | - | 1,5 |

Середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку $S_{інк}$, кН від сил інерції необресореної маси $P_{інк}^{\max}$, що виникають через наявність на поверхні кочення ізольованих нерівностей визначається за формулою [14, 15]:

$$S_{інк} = 0{,}25P_{інк}^{\max} = 0{,}5 \cdot 10^6 \alpha_0 \cdot \xi \cdot e_0 \frac{U_z}{k}, \qquad (10)$$

де $e_0$ – розрахункова глибина ізольованої нерівності на колії, м. Прийнято вважати її рівною 2/3 від повної глибини нерівності, внаслідок швидкого загладжування її країв;

$\xi$ – безрозмірний прогин, рівний відношенню максимального додаткового прогину рейки до глибини нерівності на колесі.

Середнє квадратичне відхилення динамічного навантаження колеса на рейку $S_{бнк}$ від сил інерції необресореної маси $P_{бнк}^{\max}$ при русі колеса з плавною безперервною нерівністю на поверхні кочення визначається за формулою [14, 15]:

$$S_{бнк} = 0{,}225 \cdot P_{бнк}^{\max} = \frac{6{,}739 \cdot 10^{-3} \alpha_0 U_z V^2 \sqrt{q_к}}{d^2 \sqrt{kU_z - 326k^2 q_к \cdot 10^{-6}}}, \qquad (11)$$

де d – діаметр колеса, м.

Після визначення середньоквадратичних відхилень усіх змінних значень сил інерції можна визначити сумарне середньоквадратичне відхилення $S$ з формули (7) і після цього визначається максимальне імовірне значення динамічного навантаження з формули (1).

**2. Визначення еквівалентних навантажень на колію**

При практичних розрахунках на міцність приймається:

– в розрахунковому перетині рейки, тобто в перетині, де визначаються напружений стан, діє максимальне імовірне динамічне колісне навантаження $P_{розр} = P_{дин}^{\max}$, а вплив сусідніх коліс приймається у вигляді середнього динамічного тиску $\overline{P}_{дин}$, зважаючи на те, що максимум динамічного тиску розрахункового колеса не співпадає з максимумом тиску сусідніх коліс;

– вплив на рейкову нитку усіх інших коліс поїзда враховується за допомогою завантаження лінії впливу моментів $M$ і лінії впливу поперечних сил $Q$ (від дії одиничного колісного навантаження $P$=1) системою колісних навантажень $\overline{P}_{дин_i}$ і визначенням еквівалентних вантажів $P_{екв}^{I}$ і $P_{екв}^{II}$ за допомогою функцій $\mu_i$ і $\eta_i$, які визначають ступінь впливу на розрахунковий переріз кожного з інших коліс поїзда.

Максимальне еквівалентне навантаження для розрахунків напружень в рейках від вигину і кручення визначається за формулою [14, 15]:

$$P_{екв}^{I} = P_{дин}^{\max} + \sum \overline{P}_i \cdot \mu_i . \qquad (12)$$

Максимальне еквівалентне навантаження для розрахунків прогинів рейок, а також напружень і сил в елементах підрейкової основи визначаються за формулою:

$$P_{екв}^{II} = P_{дин}^{\max} + \sum \overline{P}_i \cdot \eta_i . \qquad (13)$$

Функції $\mu_i$ і $\eta_i$ знаходяться в залежності від величини $kx_i$, де $x_i$ - відповідає

відстаням від розрахункового перерізу до кожного колеса, яке враховується:

$$\mu_i = e^{-kx}\left(\cos kx_i - \sin kx_i\right)$$
$$\eta_i = e^{-kx}\left(\cos kx_i + \sin kx_i\right) \quad (14)$$

Сусідні колеса можуть здійснювати як позитивний так і негативний вплив (внаслідок зміни знаку функцій $\mu$ і $\eta$ по довжині балки), тобто вони можуть довантажувати або розвантажувати розрахунковий переріз. Очевидно, що для того щоб з'ясувати найбільші імовірні внутрішні зусилля (напруження) в рейках, необхідно знайти найгірший варіант завантаження рейки системою колісних навантажень. Робиться це на лініях впливу $\mu$ і $\eta$, тобто вибирається найгірший варіант завантаження ліній впливу.

**3. Визначення показників напружено-деформованого стану елементів конструкції верхньої будови колії**

Згинаючий момент в будь-якому перерізі рейки $M_{дин}$ та сила тиску рейки на опори $Q_{дин}$ визначається за формулами [14, 15]:

$$M_{дин} = \frac{1}{4k} P^{I}_{екв} = \frac{1}{4k}\left(P_{розр} + \sum \overline{P}_i \cdot \mu_i\right), \quad (15)$$

$$Q_{дин} = \frac{kl}{2} P^{II}_{екв} = \frac{kl}{2}\left(P_{розр} + \sum \overline{P}_i \cdot \eta_i\right). \quad (16)$$

Динамічний прогин в будь-якому перерізі рейки $Z_{дин}$ визначається за виразом:

$$Z_{дин} = \frac{P^{II}_{екв}}{K_{Z(р-н)}} = \frac{k}{2U_z} \cdot P^{II}_{екв} = \frac{k}{2U_z}\left(P_{розр} + \sum \overline{P}_i \cdot \eta_i\right), \quad (17)$$

де $K_{Z(р-н)}$ – розрахункова жорсткість рейкової нитки, що враховує сумісну роботу рейки і основи.

Максимальні напруження в елементах верхньої будови колії визначаються за формулами:

– в підошві рейки від дії згинаючого моменту $M_{дин}$ [14, 15]:

$$\sigma_o = \frac{M_{дин}}{W_n}, \quad (18)$$

де $W_n$ – момент опору рейки по низу підошви.

**– в кромках підошви рейки** [14, 15]:

$$\sigma_к = f \cdot \sigma_o, \quad (19)$$

де $f$ – розрахунковий коефіцієнт, який знаходиться з довідкових таблиць залежно від типу рухомого складу і плану лінії.

**– в шпалах під підкладкою** [14, 15]:

$$\sigma_{ш} = \frac{Q_{дин}}{\omega}, \tag{20}$$

де $\omega$ – площа рейкової підкладки.

**– в баласті під шпалою** [14, 15]:

$$\sigma_{Б} = \frac{Q_{дин}}{\Omega \cdot \alpha}, \tag{21}$$

де $\Omega\alpha = \frac{1}{2}\alpha \cdot a \cdot b$ - ефективна опорна площа напівшпали з урахуванням її згину ($a$, $b$ – довжина шпали і ширина нижньої її постелі, $\alpha$ – коефіцієнт згину шпали).

**4. Визначення напруження на основній площадці земляного полотна**

Розрахункова формула для визначення нормальних напружень $\sigma_h$ у баласті (у тому числі і на основній площадці земляного полотна) в розрахунковій точці $M$ (на глибині $h$ від підошви шпали по розрахунковій вертикалі) має вид [14, 15]:

$$\sigma_h = \sigma_{h_{1p}} + \sigma_{hc_2} + \sigma_{hc_3}, \tag{22}$$

де $\sigma_{h_{1p}}$ – напруження (Па) в розрахунковій точці від тиску розрахункової шпали;

$\sigma_{hc_2}$ – напруження (Па) в тій самій точці $M$ від тиску однієї сусідньої шпали (наприклад, розташованої ліворуч від розрахункової);

$\sigma_{hc_3}$ – напруження (Па) в тій самій точці $M$ від тиску іншої сусідньої шпали (наприклад, розташованої праворуч від розрахункової).

Кожен з членів суми в правій частині рівняння (22) є функція від тисків на баласт, що передаються безпосередньо від нижньої постелі шпал, відповідно: під розрахунковою шпалою $\sigma_{б_{p1}}$, під шпалою, розташованою ліворуч $\sigma_{бс_2}$ і шпалою; розташованою праворуч від розрахункової $\sigma_{бс_3}$. Крім того, ці напруження залежать від товщини баластового шару $h$, розташованого вище розрахункової точки (до нижньої постелі шпал):

$$\sigma_{h_{1p}} = f\left(\sigma_{бp_1}\right); \quad \sigma_{hc_2} = f\left(\sigma_{бc_2}\right); \quad \sigma_{hc_3} = f\left(\sigma_{бc_3}\right), \tag{23}$$

де $\sigma_{бp_1}$ – напруження стискання в баласті під постеллю розрахункової шпали;

$\sigma_{бc_2}$ і $\sigma_{бc_3}$ - ті ж напруження під постелями сусідніх ліворуч і праворуч шпал.

Розрахункова схема для визначення напружень в баласті і на основній площа-

дці земляного полотна наведена на рис. 1 і рис. 2.

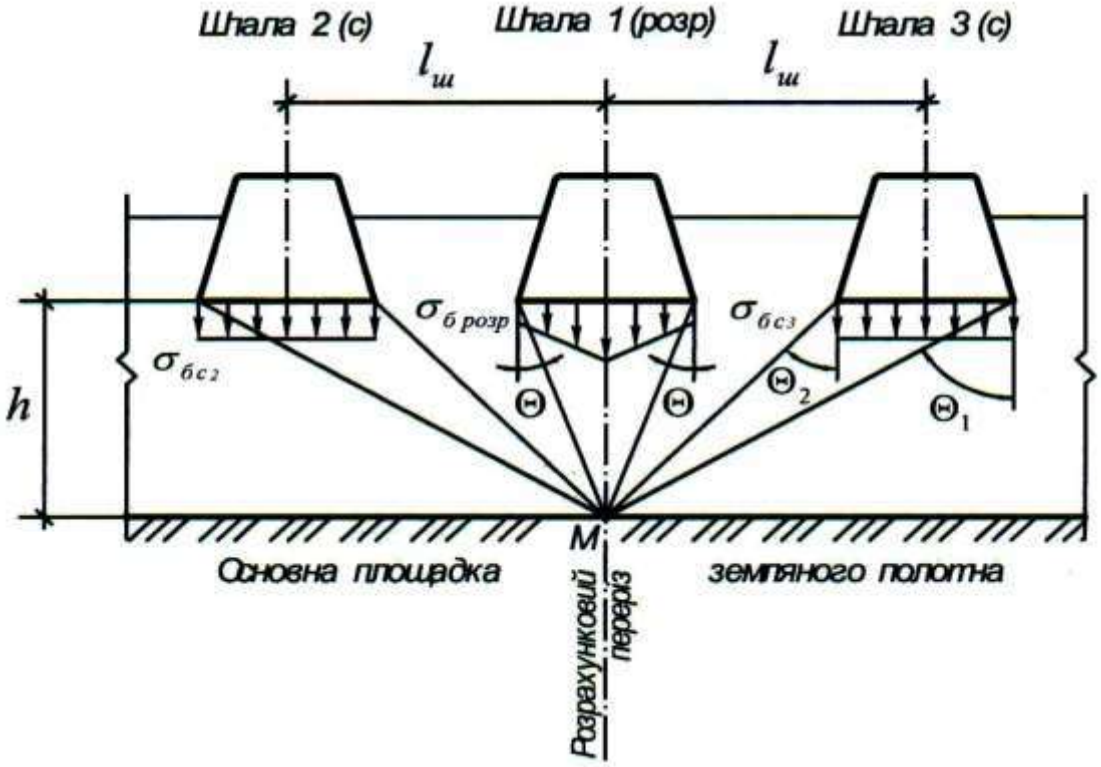


*Рис.1* – **Схема передачі тиску на земляне полотно від трьох суміжних шпал**

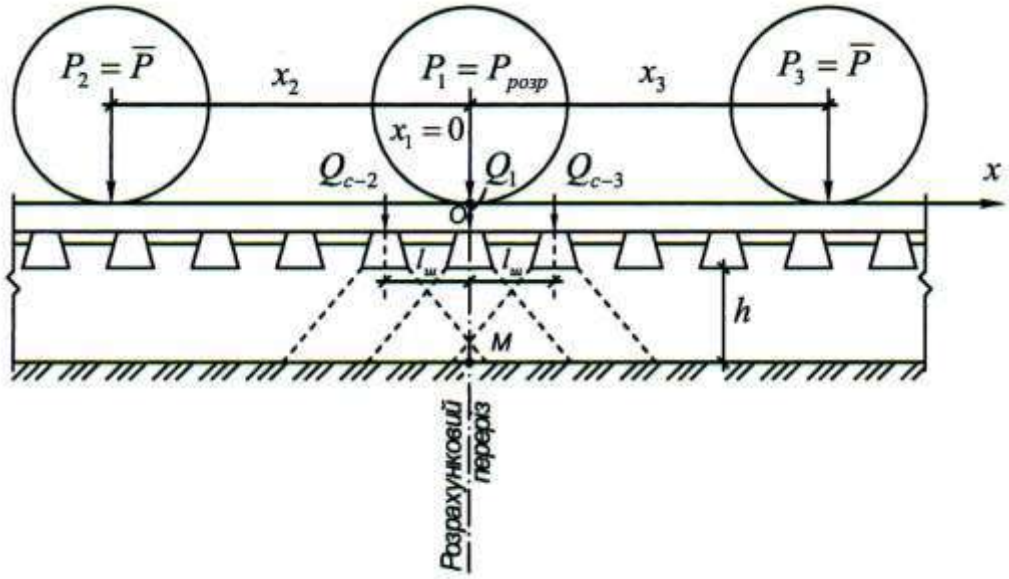


*Рис. 2* – **Розрахункова схема для визначення напружень в баласті і на основній площадці земляного полотна (на прикладі трьохосьового візка)**

Напруження стискання в баласті під шпалами визначаються в залежності від величини тиску рейки на шпали [14, 15]:

$$\sigma_{бр_1} = \frac{Q_{p1}}{\Omega\alpha}; \quad \sigma_{бс_2} = \frac{Q_{c_2}}{\Omega\alpha}; \quad \sigma_{бс_3} = \frac{Q_{c_3}}{\Omega\alpha}, \tag{24}$$

де $Q_{p1}$ - тиск рейки на розрахункову шпалу;

$Q_{c_2}$ і $Q_{c_3}$ - тиск рейки на сусідні (ліворуч і праворуч) шпали.

Сили тиску рейки на розрахункову і сусідні шпали обчислюються за формулами:

$$Q_{p1} = \frac{kl}{2} \cdot P^{II}_{екв(розр)} = \frac{kl}{2}\left(P_{розр1} + \sum \overline{P} \cdot \eta_{2,3}\right); \tag{25}$$

$$Q_{c_2} = \frac{kl}{2} \cdot P^{II}_{екв(c_2)} = \frac{kl}{2}\left(P_{розр}\eta_{p2} + \sum \overline{P}\,\eta_{c_2}\right); \tag{26}$$

$$Q_{c_3} = \frac{kl}{2} \cdot P^{II}_{екв(c_3)} = \frac{kl}{2}\left(P_{розр}\eta_{p3} + \sum \overline{P}\,\eta_{c_3}\right). \tag{27}$$

Нормальні вертикальні напруження в розрахунковій точці на глибині *h* від тиску розрахункової шпали визначаються за формулою [14, 15]:

$$\sigma_{h_{1p}} = \sigma_{бр_1} r_1 \left[0{,}635 m C_1 + 1{,}275(2-m) C_2\right], \tag{28}$$

де

$$C_1 = \frac{b}{2h} - \frac{b^3}{24h^3}; \tag{29}$$

$$C_2 = \frac{bh}{b^2 + 4h^2}. \tag{30}$$

Коефіцієнт, який враховує заміну реальної криволінійної епюри тиску шпали на баласт епюрою ламаного обрису (рис. 1) визначається за формулою [14, 15]:

$$m = \frac{0{,}873}{\sigma_Б + 0{,}427} \geq 1. \tag{31}$$

При розрахунковому $m<1$ приймається $m=1$.

Значення коефіцієнтів $C_1$ і $C_2$ при різних *h* і *b* наведено в табл. 2.

*Таблиця 2* – **Результати розрахунків коефіцієнтів**

| *h*, см | $C_1$ при ширині шпали *b* | | | $C_2$ при ширині шпали *b* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 23 см | 25 см | 28 см (з/б) | 23 см | 25 см | 28 см (з/б) |
| 20 | 0,512 | 0,544 | 0,586 | 0,216 | 0,225 | 0,235 |
| 25 | 0,428 | 0,458 | 0,502 | 0,190 | 0,200 | 0,213 |
| 30 | 0,365 | 0,393 | 0,433 | 0,167 | 0,178 | 0,192 |
| 35 | 0,317 | 0,342 | 0,379 | 0,148 | 0,158 | 0,172 |
| 40 | 0,280 | 0,302 | 0,336 | 0,133 | 0,142 | 0,156 |
| 45 | 0,250 | 0,271 | 0,301 | 0,120 | 0,129 | 0,142 |
| 50 | 0,226 | 0,245 | 0,273 | 0,109 | 0,118 | 0,13 |
| 55 | 0,206 | 0,223 | 0,249 | 0,100 | 0,108 | 0,12 |
| 60 | 0,189 | 0,205 | 0,229 | 0,092 | 0,100 | 0,111 |
| 65 | 0,175 | 0,190 | 0,212 | 0,086 | 0,093 | 0,103 |
| 70 | 0,163 | 0,177 | 0,197 | 0,080 | 0,087 | 0,096 |

Нормальні вертикальні напруження в тій же розрахунковій точці (*M*) від тиску сусідніх шпал визначаються за формулами [14, 15]:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{hc_2} &= \frac{r_1}{\pi} \cdot A \cdot \sigma_{бc_2} \\ \sigma_{hc_3} &= \frac{r_1}{\pi} \cdot A \cdot \sigma_{бc_3} \end{aligned}\right\} \qquad (32)$$

де значення коефіцієнтів *A* і кутів $\Theta_1$ і $\Theta_2$ знаходяться за формулами [14, 15]:

$$A = \Theta_1 - \Theta_2 + 0{,}5\left(\sin 2\Theta_1 - \sin 2\Theta_2\right). \qquad (33)$$

Кути $\Theta_1$ і $\Theta_2$ (у радіанах) визначаються за формулами [14, 15]:

$$\Theta_1 = arctg\,\frac{l_ш + 0{,}5b}{h}, \quad \Theta_2 = arctg\,\frac{l_ш - 0{,}5b}{h}. \qquad (34)$$

У формулах (28) – (34) позначено:
*b* – ширина нижньої постелі шпали, м;
*h* – відстань до точки М від нижньої постелі шпал, м;
$r_1$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу тиску вздовж шпали, м;
$l_ш$ – відстань між осями шпал, м.
Значення коефіцієнта *A* при різних *h*, $l_ш$ і *b* наведені в табл. 3.

*Таблиця 3* – **Коефіцієнти *A* для розрахунку напружень в баласті на глибині *h***

| ***h*, см** | **Значення коефіцієнта *A* при ширині шпали *b*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **23 см при $l_ш$, м** | | | **25 см при $l_ш$, м** | | | **27 см при $l_ш$, м** | | |
| | **0,51** | **0,55** | **0,63** | **0,51** | **0,55** | **0,63** | **0,51** | **0,55** | **0,63** |
| 20 | 0,046 | 0,035 | 0,021 | 0,051 | 0,039 | 0,023 | 0,059 | 0,0451 | 0,0268 |
| 25 | 0,077 | 0,059 | 0,037 | 0,085 | 0,066 | 0,041 | 0,098 | 0,0757 | 0,0467 |
| 30 | 0,110 | 0,087 | 0,056 | 0,122 | 0,096 | 0,062 | 0,140 | 0,1107 | 0,0708 |
| 35 | 0,145 | 0,117 | 0,078 | 0,159 | 0,128 | 0,085 | 0,182 | 0,1468 | 0,0947 |
| 40 | 0,176 | 0,145 | 0,100 | 0,194 | 0,160 | 0,110 | 0,221 | 0,1817 | 0,1247 |
| 45 | 0,205 | 0,172 | 0,122 | 0,224 | 0,188 | 0,133 | 0,255 | 0,2137 | 0,1514 |
| 50 | 0,229 | 0,195 | 0,142 | 0,250 | 0,214 | 0,156 | 0,283 | 0,2417 | 0,1764 |
| 55 | 0,248 | 0,215 | 0,161 | 0,271 | 0,235 | 0,176 | 0,306 | 0,2655 | 0,1991 |
| 60 | 0,264 | 0,232 | 0,178 | 0,288 | 0,253 | 0,194 | 0,324 | 0,2849 | 0,219 |
| 65 | 0,276 | 0,245 | 0,192 | 0,300 | 0,237 | 0,209 | 0,338 | 0,3004 | 0,236 |
| 70 | 0,284 | 0,255 | 0,204 | 0,309 | 0,278 | 0,222 | 0,348 | 0,3122 | 0,2502 |

В табл. 4 наведено розрахункові формули для визначення еквівалентних навантажень, діючих на розрахункову і сусідні шпали при 2-вісному або 3-вісному типах візка.

*Таблиця 4* – **Значення $P_{екв}^{II}$ для розрахунку напружень на основній площадці земляного полотна**

| **Тип візка** | | $P_{екв}^{II}$ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Для $\sigma_{бр1}$** | **Для $\sigma_{бс_2}$** | **Для $\sigma_{бс_3}$** |
| Дво-вісний | $P_{екв}^{II}$ | $P_{розр} + \overline{P} \cdot \eta_{x_2}$ | $P_{розр} \cdot \eta_{l_ш} + \overline{P} \cdot \eta_{(x_2 - l_ш)}$ | $P_{розр} \cdot \eta_{l_ш} + \overline{P} \cdot \eta_{(x_2 + l_ш)}$ |
| Три-вісний | $P_{екв}^{II}$ | $P_{розр} + \overline{P} \cdot \left(\eta_{x_2} + \eta_{x_3}\right)$ | $P_{розр} \cdot \eta_{l_ш} + \sum \overline{P}\left[\eta_{(x_2 - l_ш)} + \eta_{(x_3 + l_ш)}\right]$ | $P_{розр} \cdot \eta_{l_ш} + \sum \overline{P}\left[\eta_{(x_3 - l_ш)} + \eta_{(x_2 + l_ш)}\right]$ |

Після визначення напружень $\sigma_{h_{1p}}$, $\sigma_{hc_2}$ і $\sigma_{hc_3}$ виконують за формулою (22) розрахунок сумарного напруження $\sigma_h$ в розрахунковій точці (*M*) від впливу тисків усіх шпал, які розглядаються. Відзначимо, що наведений розрахунок однаково застосовується як для визначення розрахункових напружень на основній площадці земляного полотна, так і в будь-якій точці, розташованої під віссю розрахункової шпали в масиві баласту, слід тільки змінити значення *h*. Аналогічним способом

можна розрахувати напруження і в будь-яких інших точках (наприклад під будь-якою сусідньою шпалою), але вони будуть меншими.

**5. Визначення бічної сили взаємодії гребеня набігаючого колеса та головки рейки**

Бічне зусилля взаємодії гребеня набігаючого колеса та головки рейки визначається за формулою [16]:

$$Y_б = \overline{H}_p + \mu \times \left( 2 \times Q_ш^{ст} \times \left( \frac{b\text{-}a_1}{l} \times (1 - \overline{\kappa_{дв}}) + \frac{b}{l} \times \overline{\kappa_{дбк}} \right) - (\frac{r}{l} \times \overline{H}_p) + q_{kn}^{n} \times \frac{b - a_1}{l} \right), \quad (35)$$

де $Q_ш^{ст}$ – сила тяжіння обресорених частин вагона, що діє на шийку осі колісної пари, кН;

$q_{kn}^{n}$ – сила тяжіння необресорених частин вагона, що приходиться на колісну пару, кН;

$2b$ – відстань між серединами шийок осі, м;

$l$ – середня відстань між точками контакту коліс з рейками, м;

$a_1$ – середня відстань між точками контакту коліс з рейками, м;

$r$ – радіус середньо зношеного колеса, м;

$\overline{\kappa_{дбк}}$ – розрахункове значення коефіцієнта динаміки бокової качки;

$$\overline{\kappa_{дбк}} = 0{,}25 \cdot \overline{k_{дв}}\ ; \quad (36)$$

$\overline{k_{дв}}$ – розрахункове значення коефіцієнта вертикальної динаміки екіпажу:

$$\overline{k_{дв}} = a + 3{,}6 \times 10^{-4} \cdot b \cdot \frac{\nu - 15}{f_{ст}}\ , \quad (37)$$

де $a$ – коефіцієнт;

$\nu$ – розрахункова (максимально допустима, на відповідному типі баласту) швидкість руху, м/с;

$f_{ст}$ – статичний прогин ресорного підвішування, м;

$b$ – коефіцієнт, що враховує вплив числа осей $n$ у візку або групі візків під одним кінцем екіпажу;

$$b = \frac{n+2}{2n}, \quad (38)$$

де $n$ – число осей у візку;

$\overline{H}_p$ – розрахункове середнє значення рамної сили визначається за формулою:

$$\overline{H}_p = P_0 \cdot b \cdot \delta \cdot (5 + \nu), \quad (39)$$

де $P_0$ – розрахункове статичне осьове навантаження, кН;

$\delta$ – коефіцієнт, що враховує тип ходових частин вагона.

**6. Відношення максимального горизонтального навантаження до середнього вертикального навантаження на шпалу**

Відношення максимального горизонтального навантаження до середнього вертикального навантаження рейки на шпалу, що визначає запас стійкості рейкошпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, визначається за формулою [4]:

$$\alpha = \frac{H_ш}{P_ш^{ср}}, \tag{40}$$

де $H_ш$ – максимальна горизонтальна сила, що передається від рейки на шпалу;

$P_ш^{ср}$ – середнє значення вертикальної сили, що передається від рейки на шпалу.

Максимальна горизонтальна сила, що передається від рейки на шпалу, визначається за формулою [16]:

$$H_ш = 0{,}5 \cdot k \cdot l_ш \cdot Y_б . \tag{41}$$

Максимальне значення вертикальної сили, що передається від рейки на шпалу, визначається за формулою [16]:

$$P_ш^{ср} = 0{,}5 \cdot k \cdot l_ш \cdot (\overline{P} + \eta \cdot \overline{P}) \tag{42}$$

**7. Коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають за рамними силами**

Коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають за рамними силами, як відношення рамної сили до вертикального статичного навантаження колісної пари на рейки [16]:

$$\gamma = \frac{H_p}{P_0} . \tag{43}$$

Наближено рамну силу $H_p$, що діє від колісної пари на раму візка можна розглядати як випадкову величину з функцією розподілу виду [16]:

$$P(H_p) = 1 - exp \cdot \left( -\frac{\pi}{4} \cdot \frac{H_p^2}{H_p^2} \cdot \beta^2 \right). \tag{44}$$

Значення рамної сили $H_p$ визначається як квантиль цієї функції при розрахунковій односторонній імовірності $P(H_p)$ за формулою [16]:

$$H_p = \overline{H}_p \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot ln \frac{1}{1 - P(H_p)}}, \tag{45}$$

При розрахунках на міцність за допустимим напруженням приймається $P(H_p)$=0,97.

**8. Динамічне погонне навантаження на залізничну колію від візка**

Динамічне погонне навантаження на залізничну колію визначається за формулою [4]:

$$q_{дин} = \frac{n \cdot P_0 \cdot (1 + K_{дв})}{l + 2{,}2}, \qquad (46)$$

де $n$ – число осей у візку;

$l$ – база візка;

$K_{дв}$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню динамічної складової вертикальної сили, діючої на підресорну масу одиниці залізничного рухомого складу та виникаючої від коливань підкидання та галопування, тобто до її статичної складової (приймається $K_{дв}$=0,75 $K_д$).

***Метод математичного моделювання.***

Аналогічним чином доекспериментальні дослідження можуть бути виконані методом математичного моделювання. При цьому в існуючому програмному середовищі моделюється дослідний рухомий склад та верхня будова залізничної колії. Виконуються розрахунки з впливу на колію при імітації різних швидкостей руху дослідного рухомого складу на типових ділянках колії.

***Другий етап.*** Експериментально-теоретичні дослідження передбачають оцінку показників впливу на колію та стрілочні переводи з використанням результатів ходових динамічних випробувань дослідного рухомого складу. Вхідні дані для розрахунків беруться з урахуванням результатів визначення показників коефіцієнта вертикальної динаміки обресорених частин візка та рамних сил, які отримано в ході ходових динамічних випробувань.

Під час проведення розрахунково-експериментальної оцінки впливу дослідного рухомого складу на колію та стрілочні переводи визначаються показники аналогічні тим, які визначаються під час доекспериментальних досліджень, а саме:

– динамічні напруження в кромках підошви рейки на прямих і кривих ділянках залізничної колії;

– напруження в шпалах під підкладками;

– напруження в баласті під шпалою;

– напруження на основній площадці земляного полотна;

– бічні сили, які передаються від колеса на рейку;

– динамічне вертикальне навантаження від колеса на рейку;

– коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають навантаженням, що передається на рейки;

– коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають за рамними силами;

– динамічне погонне навантаження на залізничну колію від візка.

1. Динамічні напруження в кромках підошви рейки на прямих і кривих ділянках залізничної колії визначаються з використанням формул (1)–(3), (5), (7)–(19). При цьому динамічне навантаження від колеса на рейку визначається за формулою

(5) з використанням значення коефіцієнта вертикальної динаміки, отриманого експериментальним шляхом.

2. Напруження в шпалах під підкладками розраховують за допомогою формули (20).

3. Напруження в баласті під шпалою визначають за допомогою формули (21).

4. Напруження на основній площадці земляного полотна розраховують за формулами (22)–(34) з використанням довідкових даних з таблиць 2-4.

5. Бічні сили, які передаються від колеса на рейку визначаються за формулою:

$$Y_б = H_p + \mu \cdot P_{дин}^{вн}, \qquad (47)$$

де $\mu$ – коефіцієнт тертя, що приймається рівним 0,25;

$P_{дин}^{вн}$ – вертикальна сила, що передається від колеса на внутрішню рейку;

$$P_{дин}^{вн} = 2 \times Q_ш^{ст} \times \left( \frac{b\text{-}a_1}{l} \times (1 - \overline{\kappa_{дв}}) + \frac{b}{l} \times \overline{\kappa_{дбк}} \right) \text{-} (\frac{r}{l} \times \overline{H_p}) + q_{kn}^{n} \times \frac{b - a_1}{l}. \qquad (48)$$

6. Динамічне вертикальне навантаження від колеса на рейку визначається за формулами (1)–(3), (5), (7)–(11). Якщо з урахуванням сусідніх коліс, то ще додатково ведуться розрахунки за формулами (12)–(14).

7. Коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають навантаженням, що передається на рейки, розраховують за формулами (40)–(42).

8. Коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають за рамними силами, розраховують за формулами (43)–(45).

9. Динамічне погонне навантаження на залізничну колію від візка обчислюється за формулою (46).

***Третій етап.*** Експериментальні дослідження передбачають оцінку показників впливу на колію та стрілочні переводи дослідного рухомого складу з використанням вимірювального комплексу. В Україні випробування проводяться на коліях типових конструкцій відповідно до вимог ДСТУ 7571 [4].

Випробування на ділянках починається з найменшої швидкості. Рішення про необхідність виконання поїздок з великими швидкостями і до допустимих включно приймається тільки після експрес-аналізу результатів вимірювань.

Як правило, реєстрація та запис процесів виконано за допомогою вимірювального комплексу, до складу якого входять: персональний комп’ютер, аналого-цифровий перетворювач, підсилювач сигналів та вимірювальні тензометричні датчики. Обробка даних зазвичай здійснюється на персональному комп’ютері за допомогою атестованої комп’ютерної програми.

У процесі виконання експериментальних досліджень напружено-деформованого стану колії та стрілочного переводу безпосередньо вимірюються наступні показники:

– напруження в кромках підошви рейок;

– динамічні вертикальні навантаження від коліс на рейки;

– напруження розтягнення у передньому вильоті рамних рейок і перевідних

кривих стрілочних переводів;

– напруження розтягнення в зовнішніх кромках підошви вістряків та осердя хрестовини з рухомими елементами;

– напруження в головці контррейки стрілочного переводу; – напруження в підошві хвостової частини хрестовини.

За результатами експериментальних досліджень розраховуються такі показники:

– бічні сили від колеса на рейки;

– напруження в шпалах під підкладками;

– напруження в баласті під шпалою;

– напруження на основній площадці земляного полотна;

– коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають навантаженням, що передається на рейки;

– коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають навантаженням, що передається на рейки;

– динамічне погонне навантаження на залізничну колію від візка.

За результатами статистичної обробки для кожної вибірки визначається за стандартною методикою: експериментальне середнє значення, середньоквадратичне відхилення, максимальне зареєстроване значення та максимальне ймовірне значення показників, отриманих під час випробувань з довірчою ймовірністю 0,994.

**Висновки.**

1. Запропоновано та розроблено процедуру комплексних досліджень з впливу рухомого складу на залізничну колію, яка включає наступні етапи досліджень: доекспериментальні, теоретично-експериментальні, експериментальні.

2. Використання запропонованої комплексної процедури досліджень дозволить виключити явні промахи під час отримання максимально імовірних значень показників з впливу на колію та в цілому підвищити точність і якість отримання результатів.

**Рекомендації.**

Подальші дослідження необхідно направити на апробацію комплексної процедури досліджень шляхом порівняння показників впливу конкретного типу рухомого складу, отриманих за результатами доекспериментальних, теоретично-експериментальних, експериментальних етапів досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ромен, Ю.С. Установление условий обращения вагонов с увеличенной осевой нагрузкой / Ю.С. Ромен, А.М. Орлова, М.С. Тихов, А.В. Заверталюк // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 3 (46). – С. 25–35.

2. Рыбкин, В.В. Результаты экспериментальных исследований по воздействию на путь / В.В. Рыбкин, М.И. Уманов, А.П. Татуревич, В.В. Цыганенко и др. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2004. – Вип. 5. – С. 183–187.

3. Рибкін, В.В. Проведення випробувань з впливу на колію та стрілочні переводи рухомого складу нового покоління з осьовим навантаженням 25 т на вісь / В.В. Рибкін, Савлук В.Є // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Х., 2012. – Вип. 130. – С. 127–131.

4. ДСТУ 7571:2014. Рухомий склад залізниць. Норми допустимого впливу на залізничну колію шириною 1520 мм; Уведено вперше; надано чинності 2014-12-02. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 33 с.

5. Курган, М.Б. Перебудова кривих для впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів / М.Б. Курган, М.А. Гусак, Н.П. Хмелевська / Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 40. – С. 90–97.

6. Курган, Д.М. Особливості сприйняття навантаження елементами залізничної колії при високих швидкостях руху / Д.М. Курган // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2015. – № 2 (56). – С. 136–145.

7. Курган, Д.М. Визначення динамічного навантаження від колеса на рейку для швидкісних поїздів/ Д.М. Курган // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2015. – № 3 (57). – С. 118–128.

8. Арбузов, М.А. Експериментальне дослідження взаємодії колії та рухомого складу в межах з'їзду / М.А. Арбузов, О.М. Патласов, С.О. Токарєв // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2016. – № 5 (65). – С. 64–78.

9. Даніленко, Е.І. Новітні дослідження бічної пружності рейкових ниток при спільній дії вертикальних і горизонтальних сил / Е.І. Даніленко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2015. – № 6 (60). – С. 65–77.

10. Даніленко, Е.І. Дослідження впливу динамічних колісних навантажень, вантажонапруженості і швидкостей руху поїздів на міцність, стійкість і строки служби рейок, скріплень та інших елементів ВБК / Е.І. Даніленко, Р.М. Йосифович, О.А. Олійник, О.О. Сорока // Збірник наукових праць ДЕТУТ: Серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕТУТ, 2013. – Вип. 22. – С. 10–20.

11. Даніленко, Е.І. Про необхідність внесення змін в існуючі нормативні допуски по ширині рейкової колії у прямих та кривих при впроваджені швидкісного руху на залізницях України / Е.І. Даніленко, М.І. Карпов, В.М. Молчанов, Р.М. Йосифович // Залізничний транспорт України. – 2014. – № 2. – С. 9–17.

12. Велінець, В.П. Експериментальні дослідження горизонтальної поперечної жорсткості рейкових ниток при різних конструкціях рейкових скріплень / В.П. Велінець // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2015. – № 6 (60). – С. 57–64.

13. Настечик, М.П. Дослідження напруженого стану в елементах вузла скріплення типу КПП-5 під дією рухомого складу / М.П. Настечик, І.О. Бондаренко, Р.В. Маркуль // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2015. – № 2 (56). – С. 146–156.

14. Даніленко Е.І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність та стійкість : ЦП-0117 / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2004. – 64 с.

15. ТМ 06.178-2004 Типова методика оцінки впливу рухомого складу на колію. Полтавська обл., м. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2004. – 34 с.

16. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных): ВНИИВ-ВНИИЖТ. М., 1983. – 258 с.

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко, С.М. Полулях***

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ВАГОНІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ МОДЕЛЕЙ 81-717/714 ТА ЇХ МОДИФІКАЦІЙ

***Наведені результати проведених науково-експериментальних досліджень технічного стану та залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделі 81-717/714, що вислужили призначений термін***

## Вступ

На даний час в складі поїздів КП «Київський метрополітен» експлуатуються вагони, побудовані ще в часи колишнього СРСР. Фактичний термін служби більшості таких вагонів перевищує призначений або наближається до нього. Але придбання нового рухомого складу на заміну того, що вислужив призначений термін, потребує витрат значних коштів, знайти які в умовах складної економічної ситуації в країні є проблематичним.

Враховуючи постійно зростаючу потребу м. Київа в перевезеннях міським електротранспортом КП «Київський метрополітен» змушений шукати рішення, які є альтернативними придбанню нового рухомого складу.

Одним з таких рішень є комплексна модернізація з продовженням терміну експлуатації наявного рухомого складу, у першу чергу того, що вислужив призначений термін.

Для прийняття обґрунтованого рішення про проведення модернізації з продовженням терміну експлуатації вагонів метрополітену конкретних моделей та років побудови необхідно проводити науково-експериментальні дослідження технічного стану їх несучих металоконструкцій з метою визначення фактичного залишкового ресурсу.

Результати досліджень технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделі 81-817/714 та їх модифікацій, проведених ДП «УкрНДІВ» у травні-червні 2018 р., розглянуто у даній статті.

Вагони метрополітену моделей 81-817/714 (вагон моделі 81-717 – головний моторний вагон, вагон моделей 81-714 – проміжний моторний вагон) вважаються наступним етапом розвитку вагонів метрополітену серії Е, Ем, Ема, Емх, Еж, Еж3.

***© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М., 2018***

**Історія створення вагонів моделі 81-817/714 та їх модифікацій**

Слід звернути увагу, що зазначені вагони, на відміну від попередніх, замість літерного позначення серії отримали заводське номерне позначення: «81-717», «81-714», яке носить назву «модель».

Загальний вигляд поїзда метро з зазначених вагонів наведений на рисунку 1.

*Рис. 1.* **Зовнішній вигляд поїзда метро з вагонів моделей 81-817/814**

Вперше в історії створення вагонів метрополітену в колишньому СРСР проміжні вагони були побудовані без кабіни управління, що дало можливість збільшити пасажиромісткість салону. На відміну від вагонів метрополітену попередніх типів в пасажирських салонах вагонів моделі 81-817/714 використано люмінесцентне освітлення.

Експериментальні вагони моделей 81-817/714 були розроблені та побудовані Митіщинським машинобудівним заводом у 1976 р. в кількості 6-ти одиниць: 3 головні та 3 проміжні. Вагони пройшли випробування в московському та ленінградському метрополітенах [1].

Перші серійні головні вагони моделі 81-717 №№ 9050 - 9051 та проміжні моделі 81-714 №№ 9350 – 9355 були виготовлені Митіщинським машинобудівним заводом у 1977 р. На Ленінградському вагонобудівному заводі ім. Єгорова випуск зазначених вагонів був освоєний у 1980 р. [1].

У різні роки на базі моделі 81-717 та моделі 81-714 (базові моделі) були створені різні модифікації зазначених вагонів як для метрополітенів міст колишнього СРСР (81-717.5/714.5; 81-717.5М/714.5М; 81-717.5Б/714.5Б; 81-717.5П/714.5П; 81-717.5Н/714.5Н та інш.), так і для метрополітенів міст інших країн – експортні модифікації (81-717.1/714.1 для Празького метрополітену; 81-717.2/714.2 для Будапештського метрополітену; 81-717.3/714.3 для Варшавського метрополітену; 81-717.4/714.4 для Софійського метрополітену та інш.).

Основні відмінності зазначених модифікацій від базових моделей це більш сучасне та надійне обладнання, елементи інтер’єру та екстер’єру. Що стосується металоконструкцій кузовів, то відмінності модифікацій були незначними. Наприклад,

на окремих вагонах гнутий профіль поперечних балок рами був замінений на прокатний, а окремі партії вагонів були створені зі зменшеною товщиною горизонтальних та вертикальних листів шворневих балок з 10 мм до 8 мм та з 8 мм до 6 мм.

Окремі характеристики вагонів базових моделей наведені в таблиці 1.

*Таблиця 1* – **Окремі характеристики вагонів моделей 81-717/714 [1]**

| Характеристики | Рік видання |
|---|---|
| Початок серійного виробництва, рік | 1977 |
| Початок експлуатації з пасажирами, рік | 1978 |
| Маса тари вагона, т | 34/33,5 |
| Довжина, мм | 19206 |
| Ширина, мм | 2670 |
| Висота, мм | 3650 |
| Ширина дверного прорізу, мм | 1380 |
| Кількість дверей, од. | 2х4 |
| Конструкційна швидкість, км/год | 90 |
| Прискорення, м/с2 | 1,1 |
| Уповільнення, м/с2 | 1,2 |
| Потужність тягових двигунів, кВт | 4х110 |
| Пасажиромісткість (при щільності 10 чол/м2), чол. | 308/330 |
| Кількість місць для сидіння, од. | 40/44 |
| Призначений термін служби, років | 35 |

Значна частина вагонів моделей 81-717/714, побудованих у 1978 – 1983 рр. до даного часу експлуатується в КП «Київський метрополітен».

**Науково-експериментальні дослідження вагонів метрополітену моделей 81-717/714, побудованих у 1978 – 1983 рр., що експлуатується на коліях КП «Київський метрополітен».**

Досвід експлуатації таких вагонів на лініях КП «Київський метрополітен» протягом призначеного терміну свідчить про в цілому задовільний технічний стан металоконструкцій їх кузовів, що дає підставу очікувати, що металоконструкції кузовів зазначених вагонів, навіть після майже 40 років експлуатації, будуть мати залишковий ресурс.

Наявність залишкового ресурсу 20 та більше років свідчить про доцільність проведення таким вагонам комплексної модернізації з продовженням терміну експлуатації, у чому зацікавлений Київський метрополітен.

Тому у травні 2018 р. між КП «Київський метрополітен» та ДП «УкрНДІВ» був укладений договір на проведення науково-експериментальних досліджень технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделі 81-717/714.

Мета досліджень: визначення залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделі 81-717/714 та можливості продовження їх терміну експлуатації.

Для проведення досліджень КП «Київський метрополітен» були надані Випробувальному центру ДП «УкрНДІВ» 15 вагонів метрополітену: 4 вагони моделі 81-717 №№ 9087, 9257, 9260, 9262, побудовані у 1979 – 1982 рр. Митіщинським машинобудівним заводом; 6 вагонів моделі 81-717 №№ 8406, 8407, 8408, 8431, 8443, 8446, побудовані у 1980 – 1981 рр. Ленінградським вагонобудівним заводом ім. Єгорова; 4 вагони моделі 81-714 №№ 9611, 9644, 9645, 9647, побудовані у 1982 р. Митіщинським машинобудівним заводом; один вагон моделі 81-714 № 7422, побудований у 1982 р. Ленінградським вагонобудівним заводом ім. Єгорова.

Всі зазначені вагони знаходяться на балансі СП «Електродепо «Оболонь» та експлуатуються на коліях КП «Київський метрополітен».

В процесі досліджень повинен був експериментально визначений залишковий ресурс кузовів вагонів моделей 81-717/714 та їх модифікацій, як показник потенційної можливості металоконструкцій кузовів вагонів зазначених моделей продовжувати експлуатуватися після закінчення призначеного терміну служби, проведено обстеження технічного стану всіх 15-ти обстежених вагонів та з використанням результатів експериментальних досліджень визначений фактичний залишковий ресурс кожного.

Робота проводилась в 4 етапи.

На 1-му етапі досліджень була розроблена, погоджена та затверджена у встановленому порядку Методика технічного діагностування вагонів метрополітену моделі 81-717/714 та їх модифікацій [2] (далі – «Методика...») документ «Вагони метрополітену моделей 81-717/714 та її модифікації, у якому наведені порядок обстеження технічного стану металоконструкції кузова кожного вагона, що піддається діагностуванню, з використанням методів та засобів неруйнівного контролю, а також методика проведення контрольних випробувань зразка вагона метрополітену.

На 2-му етапі з використанням розробленої «Методики...» було проведено обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів всіх 15-ти вагонів моделей 81-717/714, за результатами якого був складений відповідний висновок.

На 3-му етапі проводились ходові міцносні випробування зразка вагона моделі 81-717 1981 року побудови з метою визначення залишкового ресурсу кузовів таких вагонів. Випробування проводились згідно з положеннями «Методики...». За результатами випробувань був оформлений протокол.

На 4-му етапі результати проведених досліджень оброблялись та аналізувались, відповідно до положень «Методики...», визначався фактичний залишковий ресурс для кузова кожного вагона, що підлягав обстеженню. За результатами аналізу результатів досліджень оформлено технічний висновок щодо можливості подальшої експлуатації 15-ти обстежених вагонів, у якому був встановлений новий термін служби для кожного.

За результатами обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів 15-ти вагонів було встановлено, що механічні пошкодження елементів металоконструкцій кузовів практично відсутні. На 7-ми вагонах були виявлені ремонтні зварні шви довжиною до 40 мм в зонах технологічних отворів на вертикальних листах шворневих балок. Зазначені ремонтні шви на даний час мають задовільний технічний стан, нових тріщин у вказаних зонах не було зафіксовано [3].

Виявлені корозійні пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій (балок рам) мають локальний характер та не перевищують (5 – 9) % від номінальних товщин елементів. Решта елементів має пошкодження, що знаходять-

ся в межах (2 – 8) %. Корозійні пошкодження обшивки бокових та кінцевих стін не перевищують 10 % [3].

Тому загальна оцінка технічного стану металоконструкцій кузовів всіх 15-ти обстежених вагонів є позитивною. Обстежені металоконструкції кузовів вагонів метрополітену моделі 81-717/714 мають незначні пошкодження механічного та корозійного характеру.

Для проведення випробувань з 15-ти обстежених вагонів, згідно з положеннями «Методики...», був відібраний та ідентифікований зразок вагона моделі 81-717 1981 року побудови № 8443. Відібраний зразок на момент проведення випробувань мав термін служби 37 років, найменші товщини основних несучих елементів та найбільш характерні для обстеженої групи вагонів пошкодження основних несучих елементів.

Випробування зразка вагона було проведено у завантаженому режимі, для чого перед їх проведенням вагон був завантажений до максимальної вантажопідйомності із розрахунку находження у вагоні 308 пасажирів (при щільності 10 чол/м2), середня маса яких, згідно з вимогами ГСТУ 3-017-2001 «Вагони метрополітенів. Методи та технічні норми для розрахунку і проектування механічної частини вагонів» [4], складає 70 кг.

Як імітатор вантажу були використані попередньо зважені мішки з піском, рівномірно розташовані по салону. Загальна маса імітатору вантажу складала 21,56 т.

Випробування проводились в обсязі ходових міцносних, згідно з положеннями «Методики», на ділянках колії КП «Київський метрополітен» між станціями «Героїв Дніпра» – «Майдан Незалежності» з 03 червня по 11 червня 2018 р. фахівцями Випробувального центру вагонобудування та ливарного виробництва для вагонобудування ДП «УкрНДІВ» (далі – ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ»).

Під час обробки результатів випробувань було встановлено, що найбільші напруження від дії динамічних навантажень виникають в елементах окремих поперечних балок рами та в окремих перерізах бокового поясу. При цьому максимальні значення динамічних напружень були зафіксовані в нижній полиці першої поперечної балки рами.

Залишковий ресурс кожного з основних несучих елементів металоконструкції кузова, у перерізах якого під час випробувань були зафіксовані найбільші динамічні напруження, визначався за коефіцієнтом запасу опору втомі n, що розраховувався відповідно до вимог ГСТУ 3-017 [4].

Для визначення залишкового ресурсу кожного несучого елементу металоконструкції кузова послідовно завдавались значення календарного терміну служби вагона (5, 10, 15, 20 та більше років), для яких, з використанням програмного математичного забезпечення, проводився розрахунок коефіцієнта запасу опору втомі.

Оцінку коефіцієнта запасу опору втомі для кожного несучого елементу металоконструкції кузова проведено шляхом порівняння його фактичного значення з допустимим [n] ([n] >1,5). Значення календарного терміну служби вагона, при якому коефіцієнт запасу опору втомі для елемента металоконструкції був максимально наближеним до [n], але при цьому його перевищував, приймалося в якості залишкового ресурсу даного елемента металоконструкції.

В таблиці 2 наведені розрахункові значення коефіцієнтів запасу опру втомі для елементів металоконструкції кузова з максимальними динамічними напруженнями із розрахунку експлуатації вагона протягом 22 років після проведення досліджень.

*Таблиця 2* – **Розрахункові значення коефіцієнтів запасу опору втомі для несучих елементів металоконструкції кузова вагона моделі 81-717 [3]**

| Назва елемента металоконструкції кузова | Заданий календарний термін служби вагона, років | [n] | Розрахункові значення коефіцієнтів запасу опору втомі |
|---|---|---|---|
| Балка поперечна 1 | 22 | ≥1,5 | 1,56 |
| Балка поперечна 3 | | | 2,57 |
| Пояс боковий 1 | | | 2,80 |
| Пояс боковий 2 | | | 3,16 |

Як свідчать результати випробувань, максимально наближеним до [*n*] є розрахункове значення коефіцієнта запасу опору втомі першої поперечної балки рами: *n* = 1,56 при [*n*] ≥1,5 (див. табл. 2). Для інших елементів металоконструкції кузова значення розрахункового коефіцієнта запасу опору втомі суттєво перевищують [*n*].

Це свідчить про те, що найменший залишковий ресурс в металоконструкції кузова має перша поперечна балка рами. Його величина складає 22 роки [3].

Згідно з вимогами «Методики...» [2], за величину залишкового ресурсу кузова вагона в цілому повинне прийматися мінімальне значення залишкового ресурсу його основних несучих елементів. Тому залишковий ресурс металоконструкції кузова вагона моделі 81-717 1981 р. побудови № 8443, за коефіцієнтом запасу опору втомі, був прийнятий рівним 22-м рокам.

Зазначений залишковий ресурс розповсюджено на всі вищезазначені вагони моделі 81-717/714, що були піддані дослідженням.

Фактичний залишковий ресурс кузова кожного з 15-ти обстежених вагонів встановлювався експертно з урахуванням положень «Методики...» [2] та наступних критеріїв:

- відсутність пошкоджень кузова, у разі наявності яких вагон підлягає виключенню із інвентарного парку;
- можливість усунення виявлених пошкоджень основних несучих елементів кузова під час ремонту або модернізації;
- наявність залишкового ресурсу у зразка вагона моделі 81-717, визначеного за результатами випробувань.

Враховуючи те, що за результатами обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів 15-ти вагонів механічних та корозійних пошкоджень, у разі наявності яких вагони підлягають виключенню із інвентарного парку, не виявлено, в якості фактичного залишкового ресурсу кузова кожного вагона прийнятий залишковий ресурс зразка вагона моделі 81-717, визначений за результатами випробувань (22 роки).

З урахуванням викладеного, термін служби всім зазначеним вагонам можна продовжити на 22 роки. Для даних вагонів новий призначений термін служби є остаточним.

Слід зазначити, що визначені за результатами проведених досліджень залишкові ресурси та нові терміни служби стосуються лише вагонів, які експлуатуються в умовах КП «Київський метрополітен» та не поширюються на вагони аналогічних моделей та років побудови, що експлуатуються на коліях інших метрополітенів України.

Враховуючи визначений за результатами проведених досліджень 22-річний залишковий ресурс кузовів вагонів метрополітену моделей 81-717/714 та їх модифікацій, що вислужили призначений термін, які експлуатуються в умовах КП «Київський метрополітен», доцільно проводити всім таким вагонам або їх частині комплексну модернізацію з продовженням терміну служби за проектом, що передбачає оновлення складових части, систем, елементів, утворення сучасного інтер'єру та екстер'єру.

При цьому, та частина вагонів, яка продовжить експлуатацію без проведення комплексної модернізації, з періодичністю 1 раз на 5 років повинна проходити обстеження технічного стану з метою виявлення отриманих за вказаний період пошкоджень з оформленням відповідного документу (висновку або акту), який підтверджує можливість експлуатації таких вагонів протягом наступного п'ятирічного терміну.

Залишковий ресурс 22 роки, визначений за результатами випробувань, може бути розповсюджений також на всі вагони метрополітену моделей 81-717/714 та їх модифікацій, що вислужили призначений термін та експлуатуються в умовах КП «Київський метрополітен» не більше 40 років з дати побудови. Але, при цьому, для кожного з таких вагонів фактичне значення залишкового ресурсу треба уточнювати з урахуванням його технічного стану на момент обстеження.

**Висновки**

В цілому за результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Металоконструкції кузовів вагонів метрополітену моделей 81-717/714 та їх модифікацій, що вислужили призначений термін та експлуатуються в умовах КП «Київський метрополітен» не більше 40 років, можуть мати залишковий ресурс до 22-х років включно.
2. Для кожного з вищезазначених вагонів фактичне значення залишкового ресурсу треба уточнювати з урахуванням його технічного стану на момент обстеження.
3. Визначений за результатами проведених досліджень фактичний залишковий ресурс кожного з обстежених під час вищезазначених науково-експериментальних досліджень вагонів метрополітену дозволяє проводити вказаним вагонам комплексну модернізацію з продовженням терміну експлуатації на 22 роки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вагоны метрополитена 81-717/714 [електронний ресурс] – Режим доступу: wiki.nashtransport.ru/wiki
2. Вагони метрополітену моделі 81-717/714 та її модифікації. Методика технічного діагностування М.4.1.00718
3. Звіт про НДР «Розробка нормативно-технічної документації технічного діагностування вагонів метрополітену серії 81-717/714 та її модифікацій». – Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2018
4. ГСТУ 3-017-2001 «Вагони метрополітенів. Методи та технічні норми для розрахунку і проектування механічної частини вагонів». – Київ: Держкомпромполітики України, 2001.

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***О.І. Войтенко***

# ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВАГОНІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ В УКРАЇНІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВИ ПРИДБАННЮ НОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ПОРЯДКУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З МОДЕРНІЗАЦІЇ

***Розглянуто позитивний досвід комплексної модернізації з продовженням терміну експлуатації вагонів метрополітену серії Е та порядок проведення робіт з модернізації***

## Вступ

З відкритих джерел [1, 2] відомо, що парк вагонів метрополітенів України є суттєво застарілим (за винятком парку вагонів КП «Дніпропетровський метрополітен», які були побудовані не раніше 1995 р.). В основному це стосується парку вагонів КП «Київський метрополітен».

Відповідно до інформації у відкритих ЗМІ, ще у 2016 році потреба у придбанні вагонів для КП «Київський метрополітен» оцінювалась у 709 одиниць за наявної чисельності парку вагонів у 824 одиниці, з яких майже 650 одиниць задіяні у щоденному русі [2].

Зазначені дані містить План заходів на 2016-2018 рр. з реалізації стратегії розвитку Києва до 2025 р., затвердженому відповідним розпорядженням КМДА № 100 від 26.02.2016 р. [3].

У наведеному документі зазначено, що інвентарний парк вагонів КП «Київський метрополітен» не забезпечує необхідні інтервали руху поїздів метро та потребує оновлення у зв’язку із завершенням терміну експлуатації.

З 709 потрібних вагонів 62 одиниці необхідно придбати для потрібних інтервалів руху на Сирецько-Печірській лінії, 276 – для заміни вагонів з вичерпаним терміном експлуатації та 371 вагон для введення в експлуатацію нових дільниць метрополітену.

Орієнтовна вартість придбання такої кількості вагонів складає 14,959 млрд. грн. Знайти такі кошти протягом двох років за умов сьогоднішньої кризи в економіці країни є проблематичним.

Тобто сьогодні, як і в минулі роки, метрополітенам України необхідно шукати розумну альтернативу придбанню нового рухомого складу у потрібній кількості. При цьому нічого принципово нового вигадувати не потрібно. Аналогічні проблеми виникали в Росії та інших країнах СНД ще всередині 90-х років минулого століття та успішно вирішувались за допомогою досить розповсюдженого в країнах Західної Європи шляху – модернізації наявних вагонів метрополітену з продовженням терміну їх експлуатації.

***© Войтенко О.І., 2018***

Мета дослідження – аналіз позитивного досвіду модернізації вагонів метрополітену в Україні з продовженням терміну експлуатації та порядку проведення модернізації за участю наукових установ та вагонобудівних підприємств

**Позитивний досвід модернізації вагонів метрополітену в Україні з продовженням терміну їх експлуатації**

Слід зазначити, що позитивний досвід проведення таких робіт в Україні є. Так, ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (далі - ПАТ «КВБЗ») як єдине сьогодні підприємство України, яким було успішно освоєно виробництво нових сучасних вагонів метрополітену, починаючи з квітня 2013 р. проводить роботи з комплексної модернізації вагонів метрополітену серії Е та її модифікацій, виготовлених в 60-х – 70-х роках минулого століття, експлуатаційного парку КП «Київський метрополітен» з впровадженням асинхронного тягового приводу.

Модернізація зазначених вагонів була запропонована Київською міською державною адміністрацією (далі – КМДА) та фінансувалась за проектом використання «зелених інвестицій», які Україна отримує за Кіотським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

Під час зазначеної комплексної модернізації відновлювались та підсилювались пошкоджені під час експлуатації елементи металоконструкції кузовів, що дозволило продовжити термін служби кожного модернізованого вагона ще на 20 років. Крім того, підлягало заміні гальмівне обладнання на обладнання Knor-Bremse.

В модернізованих вагонах були впроваджені енергозберігаючі засоби: тягове обладнання постійного струму було замінено на асинхронні двигуни змінного струму компанії Mitsubichi Electric, впроваджено системи рекуперації [4].

Під вагони були встановлені нові візки моделі 68-7054 виробництва ПАТ «КВБЗ» з двоступенчатим ресорним підвішуванням безколискового типу, які мають у центральному підвішуванні пневморесори та пружини в буксовому підвішуванні, обладнані дисковими гальмами та протиюзовими системами. На вагонах був оновлений зовнішній дизайн, встановлені нові головні частини.

У вагонах був змонтований новий інтер’єр, який відповідає сучасним вимогам. Пасажирський салон модернізованих вагонів був обладнаний новою підлогою, електрообладнанням, сучасними та зручними для пасажирів індивідуальними сидіннями, новими вікнами, дверима, протипожежною системою та системою аварійної сигналізації. В салонах було встановлено економне світлодіодне освітлення.

Кабіна машиніста була обладнана сучасним пультом управління, новими сидіннями, кондиціонером, що суттєво поліпшує умови роботи машиніста.

Модернізованим вагонам були присвоєні нові моделі 81-7080 (вагон безмоторний головний), 81-7081 (вагон проміжний моторний), 81-7081 виконання 01 (моторний проміжний з автоматичним комутатором змінної напруги) [5].

Вагони вказаних моделей успішно пройшли приймальні випробування та процес постановки на серійне виробництво

Досвід ПАТ «КВБЗ» доводить, що і без придбання нового рухомого складу можна створювати поїзда метро з модернізованих вагонів, що відповідають вимогам безпеки сучасного рівня за показниками енергоспоживання та комфорту.

Зовнішній вигляд вагонів серії Е, модернізованих вагонів моделі 81-7080/7081 та їх пасажирських салонів наведений на рисунках 1- 4.

*Рис.1.* **Зовнішній вигляд вагона серії Е**

*Рис. 2.* **Пасажирський салон вагона серії Е**

*Рис. 3.* **Зовнішній вигляд модернізованих вагонів**

*Рис. 4.* **Салон модернізованого вагона**

**Початок робіт з модернізації вагонів метрополітену в Україні та участь у зазначених роботах ДП «УкрНДІВ»**

Розглядаючи питання комплексної модернізації вагонів метрополітену серії Е та її модифікацій, слід згадати початок історії модернізації рухомого складу метрополітенів в Україні та участь ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») у зазначеній роботі.

На початку 2011 р. перед КП «Київський метрополітен» постало актуальне питання про принципову можливість та доцільність модернізації вагонів метрополітену серії Е та її модифікацій з продовженням терміну експлуатації.

Зазначене питання виникло тому, що значну частину експлуатаційного парку КП «Київський метрополітен» складали і складають у даний час вагони серії Е та її модифікацій, побудовані Митіщинським машинобудівним заводом та Ленінградським вагонобудівним заводом ім. Єгорова у 70-х – 80-х роках минулого століття. Богаторічний досвід експлуатації таких вагонів на коліях КП «Київський метрополітен» довів, що технічний стан металоконструкцій їх кузовів в основному залишається задовільним. Тріщини несучих елементів кузовів практично відсутні, корозійні їх пошкодження в цілому незначні.

Це дало підставу очікувати, що металоконструкції кузовів таких вагонів, навіть після майже 50 років експлуатації, можуть мати значний залишковий ресурс та можливість продовження терміну їх експлуатації.

Для визначення можливості та доцільності подальшої експлуатації таких вагонів та величини їх залишкового ресурсу на замовлення та при фінансуванні КП «Київський метрополітен» ДП «УкрНДІВ» були проведені відповідні науково-експериментальні дослідження.

В рамках зазначених досліджень був розроблений, погоджений та затверджений у встановленому порядку документ «Методика технічного діагностування вагонів метрополітену, що вислужили призначений термін, з метою його продовження» [6] (далі – «Методика…»). З використанням даної «Методики…» було проведено обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів партії вагонів серії Е з визначенням зон та ступеня пошкоджень механічного та корозійного характеру несучих елементів.

Також були проведені випробування одного вагона серії Е (спеціально відібраного з партії обстежених вагонів) з терміном експлуатації 47 років в об’ємі ходових міцносних з метою визначення залишкового ресурсу кузовів вагонів метрополітену серії Е та її модифікацій, побудованих в період 1964 – 1980 рр.

Результати проведених досліджень були оброблені та проаналізовані. За результатами досліджень було складено звіт про НДР [7].

За результатами проведеної НДР було встановлено наступне:

1. Вагони метрополітену серії Е та її модифікацій навіть після 47 років експлуатації мають лише незначні пошкодження механічного характеру, які носять випадковий характер. Будь-які закономірності в їх появі відсутні.

2. Основні несучі елементи металоконструкцій кузовів (балка хребтова, балка шворнева, поздовжні та поперечні балки, кінцеві балки рами, стійки бокових стін) мають локальні корозійні пошкодження не більше 8 % відносно номінальних товщин. Корозійні пошкодження до 10 – 12 % мають лише окремі дільниці обшивки бокових та кінцевих стін.

3. Залишковий ресурс металоконструкції кузова вагона серії Е після 47 років експлуатації, визначений за результатами випробувань, складає 20 років.

Тобто, результати проведених досліджень підтвердили в цілому задовільний технічний стан металоконструкцій кузовів вагонів серії Е та її модифікацій, що експлуатуються в умовах КП «Київський метрополітен» та наявність у таких кузовів залишкового ресурсу на рівні 20 років. Отримані результати досліджень стали підставою для прийняття КМДА рішення про модернізацію вагонів метрополітену серії Е та її модифікацій інвентарного парку КП «Київський метрополітен».

Як було зазначено вище, роботи з комплексної модернізації були доручені ПАТ «КВБЗ» як переможцю відповідних конкурсних торгів.

До початку комплексної модернізації вагони були відібрані фахівцями ПАТ «КВБЗ» на КП «Київський метрополітен» та відправлені на завод, де їх кузова були обстежені з метою встановлення їх придатності до такої модернізації з продовженням терміну експлуатації на 20 років.

Для обстеження технічного стану кузовів відібраних вагонів ПАТ «КВБЗ» були залучені фахівці ДП «УкрНДІВ» як організації, що має багаторічний досвід робіт з технічного діагностування металоконструкцій пасажирських вагонів та вагонів метро.

Роботи з обстеження технічного стану кузовів проводились в умовах цехових приміщень ПАТ «КВБЗ». При цьому обстеження технічного стану кожного кузова виконувалось в два етапи.

На першому етапі визначався перелік і ступінь пошкоджень механічного та корозійного характеру кожного кузова, складались карти технічного стану та карти вимірювання фактичних товщин основних несучих елементів, оформлявся відповідний висновок, який був підставою для початку ПАТ «КВБЗ» робіт з відновлення та модернізації металоконструкції кузова.

На другому етапі проводилось обстеження технічного стану кожного кузова після відновлення його металоконструкції (усунення пошкоджень виявлених на першому етапі) та підсилення елементів металоконструкції згідно з проектом модернізації. За результатами даного обстеження встановлювалась доцільність продовження модернізації кузова за проектом та можливість відновленої металоконструкції кузова експлуатуватися протягом наступних 20-ти років. За результатами другого етапу обстеження також складався відповідний висновок, який був підставою для продовження ПАТ «КВБЗ» робіт з комплексної модернізації кожного вагона.

В результаті проведеної модернізації сьогодні на коліях Святошинсько-Броварської лінії КП «Київський метрополітен» успішно експлуатуються 24 поїзда метро, сформовані з модернізованих вагонів моделей 81-7080/7081 виробництва ПАТ «КВБЗ»[8].

**Висновки**

За результатами аналізу проведених на даний час за участю ДП «УкрНДІВ» робіт з модернізації вагонів метрополітену можна зробити наступні висновки.

1. Сьогодні в Україні повністю відпрацьований порядок проведення робіт з комплексної модернізації вагонів метрополітену з продовженням терміну експлуатації та використанням в якості виконавців робіт на різних етапах ДП «УкрНДІВ» та ПАТ «КВБЗ».

2. Порядок модернізації з продовженням терміну експлуатації вагонів метрополітену повинен включати наступні етапи:

- проведення науково-експериментальних досліджень технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену, модернізація яких запланована, з ме-

тою визначення наявності та фактичної величини їх залишкового ресурсу, можливості продовження терміну служби та доцільності проведення модернізації з продовженням терміну експлуатації;

- відбір вагонів для проведення модернізації;
- обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів відібраних вагонів з метою визначення переліку і ступеню пошкоджень механічного та корозійного характеру кожного кузова зі складанням висновку про можливість проведення їх модернізації, який буде підставою для підприємства-виконавця робіт розпочати роботи з оновлення та модернізації металоконструкцій кузовів;
- обстеження технічного стану металоконструкції кожного кузова після усунення виявлених пошкоджень та підсилення елементів металоконструкції згідно з проектом модернізації зі складанням висновку про можливість його експлуатації протягом нового призначеного за результатами проведених науково-експериментальних досліджень терміну, який буде підставою для підприємства-виконавця робіт продовжити модернізацію за проектом;
- проведення підприємством-виконавцем модернізації всіх робіт за проектом модернізації.

3. Модернізацію з продовженням терміну експлуатації, за наявності потреби, можуть проходити вагони метрополітену будь-яких серій або моделей, призначені для експлуатації як в метрополітенах українських міст, так і в метрополітенах зарубіжних країн. Але при цьому експериментальна частина досліджень (ходові міцнісні випробування) повинна проводитись в умовах метрополітенів, де планується подальша експлуатація модернізованих вагонів.

## ЛІТЕРАТУРА


1. Подвижной состав Киевского метрополитена [електронний ресурс] – Режим доступу: www.mirmetro.net/kyiv/trains
2. Киевское метро поизносилось: почти треть вагонного парка необходимо заменить [електронний ресурс] – Режим доступу: https://vesti-ukr.com, 24.03.2016
3. Розпорядження КМДА № 100 від 26.02.2016 р. «Про схвалення проекту Плану заходів на 2016- 2018 роки з реалізації Стратегії розвитку міста Києва до 2025 року – 1 с.
4. Головной вагон метро мод. 81-7080 [електронний ресурс] – Режим доступу: ua.bizorg.su/vagony-metro-r
5. ТУ У 30.2-05763814-111:2014 Вагони метрополітену моделей 81-7080 та 81-7081. Комплексна модернізація з впровадженням асинхронного тягового приводу. Технічні умови – 44 с.
6. Методика технічного діагностування вагонів метрополітену, що вислужили призначений термін, з метою його продовження - Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2011 – 18 с.
7. Звіт про НДР «Дослідження стану несучих металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену (серії Е та її модифікацій) з метою визначення їх залишкового ресурсу та продовження терміну експлуатації» - Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2011 – 133 с.
8. В киевском метро появились вагоны с новым дизайном и индивидуальными сидениями [електронний ресурс] – Режим доступу: kiev.segodnja.ua? 08.12.2015

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко, С.М. Полулях***

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ВАГОНІВ ТИПУ Ема-502 ТБІЛІСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ

***Наведено результати проведених науково-експериментальних досліджень технічного стану та залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502, побудованих у 1979 році***

## Вступ

Експлуатаційний парк вагонів Тбіліського метрополітену на даний час представлений в основному вагонами моделей 81-717/714 та модернізованими вагонами моделей 81-717М/714М [1]. Загальний вигляд поїздів з вагонів моделей 81-717/714 та модернізованих вагонів моделей 81-717М/714М, зображено на рисунках 1 та 2.

Крім того, Тбіліський метрополітен має 27 вагонів типу Ема-502, побудованих ще в часи колишнього СРСР. Призначений термін служби таких вагонів складає 31 рік, тому на даний час зазначені вагони не експлуатуються через закінчення призначеного терміну служби. Можливість продовження їх експлуатації потребує відповідного обґрунтування.

З іншого боку, придбання нового рухомого складу в достатньої кількості на заміну того, що вислужив призначений термін, потребує значних фінансових витрат. Тому, Тбіліський метрополітен сьогодні змушений шукати рішення, які є альтернативними придбанню нового рухомого складу.

Одним з таких рішень є модернізація з продовженням терміну експлуатації наявного рухомого складу, у першу чергу того, що вислужив призначений термін.

Для прийняття обґрунтованого рішення про доцільність проведення модернізації з продовженням терміну експлуатації вагонів метрополітену конкретних моделей та років побудови необхідно проводити науково-експериментальні дослідження технічного стану їх несучих металоконструкцій з метою визначення фактичного залишкового ресурсу.

Результати досліджень технічного стану металоконструкцій 27–ми кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502, проведених ДП «УкрНДІВ» у липні-серпні 2018 р., розглянуто у даній статті.

***© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М., 2018***

*Рис. 1.* **Тбіліський метрополітен. Поїзд з вагонів мод. 81-717/714**

*Рис. 2.* **Тбіліський метрополітен. Поїзд з вагонів мод. 81-717М/714М**

**Історія створення вагонів метрополітену типу Ема-502**

У 1971 році Ленінградський завод ім. Єгорова замість вагонів метрополітену типів Ем, Ема, які він будував за конструкторською документацією Митищинського машинобудівного заводу, перейшов на випуск вагонів за власною конструкторською документацією: проміжних типу Ем-501 (заводське позначення 81-501) та головних вагонів типу Ема-502 (заводське позначення 81-502) [2]. Зазначені вагони за рахунок незначних конструктивних відмінностей кузова (бокові стіни кузовів над підвіконним поясом стали мати три гофри замість двох) явились наступним етапом розвитку вагонів типу Ем та Ема. Але при цьому вагони типів Ем-501 та Ема-502, як і вагони Ем та Ема, мали кабіну управління та однотипну з вагонами типу Е металоконструкцію кузова.

Виробництво вагонів типу Ем-501 продовжувалось до 1978 року, а вагонів типу Ема-502 – до 1980 року включно.

Якщо перші побудовані вагони типів Ем-501 та Ем-502 мали можливість зчіплятися тільки з вагонами типів Ем та Ема, та, відповідно, експлуатуватися тільки на коліях Ленінградського метрополітену, з урахуванням особливостей станцій якого, як і вагони типів Ем та Ема, вони були створені, то після незначної модернізації наступні вагони зазначених типів отримали можливість зчіплятися з вагонами типів Е, Еж, Еж1. Таким чином у свій час були модернізовані вагони типів Ем-501 та Ем-502 для Київського та Тбіліського метрополітенів.

Загальний вигляд поїзда метро з зазначених вагонів наведений на рисунку 3.

*Рис. 3.* **Загальний вигляд поїзда метро з вагонів типу Ема-502, Ема501**

Окремі характеристики вагонів типу Ема-502 наведені в табл. 1.

*Таблиця 1* – **Окремі характеристики вагонів типу Ема-502 [2]**

| | |
|---|---|
| Рік побудови | 1979 |
| Завод-виробник | ЛВЗ |
| Довжина, мм | 19210 |
| Ширина, мм | 2700 |
| Висота, мм | 3695 |
| Маса тари, т | 32,2 |
| Конструкційна швидкість, км/год | 90 |
| Напруга та струм | 750 В постійного струму |
| Прискорення під час пуску, м/с$^2$ | 1,1 |
| Уповільнення при гальмуванні, м/с$^2$ | 1,2 |
| Потужність тяговых двигунів, кВт | 4х68 |
| Пасажиромісткість (при щільності 10 чол/м$^2$), чол. | 272 |
| Кількість місць для сидіння, од. | 42 |
| Призначений термін служби, років | 31 |

## Науково-експериментальні дослідження вагонів метрополітену типу Ема-502 Тбіліського метрополітену, що вислужили призначений термін

Як показав досвід експлуатації вагонів типу Ема-502 в умовах Тбіліського метрополітену, металоконструкції кузовів таких вагонів не мають суттєвих пошкоджень, тому їх технічний стан після експлуатації протягом призначеного терміну фахівці метрополітену оцінюють як задовільний.

Це дає підставу очікувати, що металоконструкції кузовів зазначених вагонів, навіть після майже 40 років експлуатації, будуть мати залишковий ресурс, що дозволить провести вагонам типу Ема-502 модернізацію з продовженням терміну експлуатації.

Тому у липні 2018 р. між ДП «УкрНДІВ» та АТ «Тбіліський філіал заводу з ремонту електрорухомого складу» був укладений договір на проведення науково-експериментальних досліджень в умовах Тбіліського метрополітену металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502, побудованих у 1979 році.

Мета досліджень - визначення залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502 Тбіліського метрополітену та можливості продовження їх терміну експлуатації.

Для проведення досліджень Тбіліським метрополітеном були надані Випробувальному центру ДП «УкрНДІВ» 27 вагонів метрополітену типу Ема-502: №№ 7097, 7098, 7099, 7100, 7101, 7102, 7104, 7105, 7106, 7107, 7108, 7109, 7110, 7111, 7112, 7113, 7114, 7115, 7116, 7117, 7118, 7120, 7122, 7123, 7124, 7125, 7126, побудованих у 1979 р. Ленінградським вагонобудівним заводом ім. Єгорова.

Всі зазначені вагони знаходяться на балансі Тбіліського метрополітена, але на даний час не експлуатуються (знаходяться на консервації).

В процесі досліджень був експериментально визначений залишковий ресурс ку-

зовів вагонів типу Ема-502, як показник потенційної можливості металоконструкцій кузовів вагонів зазначеного типу продовжувати експлуатуватися після закінчення призначеного терміну служби, проведено обстеження технічного стану всіх 27-ми наданих вагонів та з використанням результатів експериментальних досліджень визначений фактичний залишковий ресурс кожного.

Робота проводилась в 4 етапи.

На 1-му етапі досліджень був розроблений, погоджений та затверджений у встановленому порядку документ «Вагоны метрополитена типа Ема-502. Методика технического диагностирования» М 4.1.00728 [3] (далі – «Методика...»), у якому наведені порядок обстеження технічного стану металоконструкції кузова кожного вагона, що піддається діагностуванню, з використанням методів та засобів неруйнівного контролю, а також методика проведення контрольних випробувань зразка вагона метрополітену.

На 2-му етапі з використанням розробленої «Методики...» було проведено обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів всіх 27-ми наданих вагонів за результатами якого був складений відповідний висновок.

На 3-му етапі проводились ходові міцносні випробування зразка вагона типу Ема-502 1979 року побудови з метою визначення потенційно можливого залишкового ресурсу кузовів таких вагонів. Випробування проводились згідно з положеннями «Методики...». За результатами випробувань був оформлений протокол.

На 4-му етапі результати проведених досліджень оброблялись та аналізувались, відповідно до положень «Методики...», визначався фактичний залишковий ресурс для кузова кожного вагона, що підлягав обстеженню. За результатами аналізу результатів досліджень оформлено технічний висновок щодо можливості подальшої експлуатації 27-ми обстежених вагонів, у якому був встановлений новий термін служби для кожного.

Обстеження технічного стану кузовів проводилось у виробничих цехах АТ «Тбіліський філіал заводу з ремонту електрорухомого складу». Для забезпечення доступу до несучих елементів рами кузов кожного вагона піднімався на зручну для обстеження висоту за допомогою електродомкратів. Процес обстеження зображений на рисунках 4, 5.

Рис. 4. **Вагон метрополітену типу Ема-502 перед обстеженням**

*Рис. 5.* **Кузов вагона піднятий на електродомкратах**

## Результати досліджень

За результатами обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів 27-ми вагонів було встановлено, що механічні пошкодження елементів металоконструкцій кузовів практично відсутні. Лише на першій від шворневої поперечній балці рами кузова вагона № 7115 виявлені сліди раніше виконаного ремонту - профільна ремонтна накладка (див. рис. 6). При цьому загальний технічний стан зазначеної поперечної балки є повністю задовільним, вона не потребує повторного ремонту та не перешкоджає продовженню експлуатації вагона № 7115 [4].

*Рис. 6.* **Перша поперечна балка рами кузова з профільною накладкою**

Виявлені корозійні пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій (балок рам) мають локальний характер та не перевищують, відносно номінальних товщин елементів (3–4) % для хребтових та шворневих балок (2 – 5) % для поперечних балок, (2 – 3) % для бокових поясів, (2 – 5) % для концевих частин рами. Що стосується стояків кузовів (підвіконних та проміжних), то максимальні значення їх локальних корозійних пошкоджень знаходяться в межах (3 – 7) %, обшивки кінцевих (лобових) стін – в межах 5 %, обшивки дахів – в межах (6 – 12) % [4].

Загальна оцінка технічного стану металоконструкцій кузовів всіх 27-ми обстежених вагонів є позитивною. Тому можна стверджувати, що обстежені металоконструкції кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502 мають незначні пошкодження механічного та корозійного характеру.

Для проведення випробувань з 27-ти обстежених вагонів, згідно з положеннями «Методики...», був відібраний та ідентифікований зразок вагона типу Ема-502 1979 року побудови № 7117. Відібраний зразок на момент проведення випробувань мав термін служби 39 років, найменші товщини основних несучих елементів та найбільш характерні для обстеженої групи вагонів пошкодження основних несучих елементів.

Випробування зразка вагона було проведено у завантаженому режимі, для чого перед їх проведенням вагон був завантажений до максимальної вантажопідйомності із розрахунку находження у вагоні 272 пасажирів (при щільності 10 чол/м$^2$), середня маса яких, згідно з вимогами ГСТУ 3-017-2001 «Вагони метрополітенів. Методи та технічні норми для розрахунку і проектування механічної частини вагонів» [5], складає 70 кг.

Як імітатор вантажу були використані попередньо зважені мішки з піском, рівномірно розташовані по салону.

Випробування проводились в обсязі ходових міцносних, згідно з положеннями «Методики», на ділянках колії Тбіліського метрополітена між станціями «Akhmeteli Theatre» та «Varketili» з 13 серпня по 20 серпня 2018 р. фахівцями Випробувального центру вагонобудування та ливарного виробництва для вагонобудування ДП «УкрНДІВ» (далі – ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ»).

Під час обробки результатів випробувань було встановлено, що найбільші напруження від дії динамічних навантажень виникають в окремих перерізах хребтової, шворневої та 4-й від шворневої поперечної балки рами. При цьому максимальні значення динамічних напружень були зафіксовані в нижній полиці поперечної балки рами.

Залишковий ресурс кожного з основних несучих елементів металоконструкції кузова, у перерізах якого під час випробувань були зафіксовані найбільші динамічні напруження, визначався за коефіцієнтом запасу опору втомі n, що розраховувався відповідно до вимог ГСТУ 3-017 [5].

Для визначення залишкового ресурсу кожного несучого елементу металоконструкції кузова послідовно завдавались значення розрахункового календарного терміну служби вагона (5, 10, 15, 20 та більше років), для яких, з використанням програмного математичного забезпечення, проводився розрахунок коефіцієнта запасу опору втомі.

Оцінку коефіцієнта запасу опору втомі для кожного несучого елементу металоконструкції кузова проведено шляхом порівняння його фактичного значення з допустимим [$n$] ([$n$] $\geq$1,5). Значення розрахункового календарного терміну служби вагона, при якому коефіцієнт запасу опору втомі для елемента металоконструкції був максимально наближеним до [$n$], але при цьому його перевищував, приймалося в якості залишкового ресурсу даного елемента металоконструкції.

У табл. 2 наведені розрахункові значення коефіцієнтів запасу опору втомі для елементів металоконструкції кузова з максимальними динамічними напруженнями із розрахунку експлуатації вагона протягом 25 років після проведення досліджень.

*Таблиця 2* – **Розрахункові значення коефіцієнтів запасу опору втомі для несучих елементів металоконструкції кузова вагона типу Ема-502 1979 року побудови № 7117 [4]**

| Назва елемента металоконструкції рами кузова | Заданий календарний термін служби вагона, років | [n] | Розрахункові значення коефіцієнтів запасу опору втомі |
|---|---|---|---|
| Балка хребтова (переріз VII-VII, точка 3) | 25 | ≥1,5 | 4,8 |
| Балка шворнева (переріз III*-III*, точка 7) | | | 4,1 |
| Балка поперечна 4 (переріз 0*-0*, точка 30) | | | 3,7 |

Як свідчать результати випробувань, максимально наближеним до [*n*] є розрахункове значення коефіцієнта запасу опору втомі 4-й від шворневої поперечної балки рами (3,7 при [*n*] ≥1,5). Для інших елементів металоконструкції кузова значення розрахункового коефіцієнта запасу опору втомі більш ніж в (2,7 – 3) рази перевищують [*n*].

Це свідчить про те, що найменший залишковий ресурс в металоконструкції кузова має четверта від шворневої поперечна балка рами. Його величина складає 25 років [4].

Згідно з вимогами «Методики...» [2], за величину залишкового ресурсу кузова вагона в цілому повинне прийматися мінімальне значення залишкового ресурсу його основних несучих елементів. Тому залишковий ресурс металоконструкції кузова вагона типа Ема-502 1979 року побудови № 7117, за коефіцієнтом запасу опору втомі, був прийнятий рівним 25-ти рокам.

Зазначений залишковий ресурс розповсюджено на всі вищезазначені вагони типу Ема-502, що були піддані дослідженням.

Фактичний залишковий ресурс кузова кожного з 27-ми обстежених вагонів встановлювався експертно з урахуванням положень «Методики...» [2] та наступних критеріїв:

- відсутність пошкоджень кузова, у разі наявності яких вагон підлягає виключенню із інвентарного парку;
- можливість усунення виявлених пошкоджень основних несучих елементів кузова під час ремонту або модернізації;
- наявність залишкового ресурсу у зразка вагона типу Ема-502, визначеного за результатами випробувань.

Враховуючи те, що за результатами обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів 27-ми вагонів механічних та корозійних пошкоджень, у разі наявності яких вагони підлягають виключенню із інвентарного парку, не виявлено, в якості фактичного залишкового ресурсу кузова кожного обстеженого вагона прийнятий залишковий ресурс зразка вагона типу Ема-502, визначений за результатами випробувань (25 років).

З урахуванням викладеного, термін служби всім зазначеним вагонам можна продовжити на 25 років.

Слід зазначити, що визначені за результатами проведених досліджень залишкові ресурси та нові терміни служби стосуються лише вагонів, які експлуатуються в умовах Тбіліського метрополітена та не поширюються на вагони аналогічних моделей та років побудови, що експлуатуються на коліях інших метрополітенів України.

Враховуючи визначений за результатами проведених досліджень 25-річний залишковий ресурс кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502, що вислужили призначений термін, які експлуатуються в умовах Тбіліського метрополітену, доцільно проводити всім таким вагонам комплексну модернізацію з продовженням терміну служби за проектом, що передбачає оновлення складових частин, систем, елементів, утворення сучасного інтер'єру та екстер'єру.

Залишковий ресурс 25 років, визначений за результатами випробувань, може бути розповсюджений також на всі вагони метрополітену типу Ема-502, що вислужили призначений термін та експлуатуються в умовах Тбіліського метрополітену не більше 39 років з дати побудови. Але при цьому для кожного з таких вагонів фактичне значення залишкового ресурсу треба уточнювати з урахуванням його технічного стану на момент обстеження.

**Висновки**

В цілому за результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Металоконструкції кузовів вагонів метрополітену типу Ема-502, що вислужили призначений термін та експлуатуються в умовах Тбіліського метрополітену не більше 39 років, можуть мати залишковий ресурс до 25 років включно.
2. Для кожного з вищезазначених вагонів фактичне значення залишкового ресурсу треба уточнювати з урахуванням його технічного стану на момент обстеження.
3. Визначений за результатами проведених досліджень фактичний залишковий ресурс кожного з обстежених вагонів метрополітену дозволяє проводити вказаним вагонам комплексну модернізацію з продовженням терміну експлуатації на 25 років.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тбилисский метрополитен. Подвижной состав [електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki
2. Электровагоны типов Ем-501, Ема-502 и Емх-503 - Метровагоны [електронний ресурс] – Режим доступу: vagon.metro.ru/passenger/em-501.html
3. Вагоны метрополитена типа Ема-502. Методика технического диагностирования М.4.1.00728 – 44 с.
4. Отчет о НИР «Проведение научно-экспериментальных исследований по определению остаточного ресурса 27 вагонов метро типа Ема-502 (год выпуска 1979) в условиях Тбилисского метрополитена». – Кременчуг: ГП «УкрНИИВ», 2018 – 189 с.
5. ГСТУ 3-017-2001 «Вагони метрополітенів. Методи та технічні норми для розрахунку і проектування механічної частини вагонів». – Київ: Держкомпромполітики України, 2001. – 206 с.

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко***

# УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

***Розглянуто один з перспективних шляхів удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів локомотивної тяги***

## Вступ

Недостатнє оновлення пасажирського парку вагонів локомотивної тяги за роки незалежності України привело до того, що вже протягом декількох років об'єми пасажирських перевезень в країні можуть стрімко зменшитись (за експертними оцінками до 10 разів).

За розрахунками Укрзалізниці, отриманими з відкритих джерел [1], щоб уникнути цього найближчим часом необхідно експлуатаційний парк пасажирських вагонів локомотивної тяги довести до 3000 одиниць.

У середині квітня 2017 р. Укрзалізниця провела найбільший за останні декілька років тендер на закупівлю пасажирських вагонів. За його результатами за 875,3 млн. грн. Укрзалізниця закуповує у переможця тендера – ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ») 38 пасажирських вагонів [1].

Але, як вважає керівництво Укрзалізниці, зазначені закупівлі не зупинять стрімкого старіння пасажирських вагонів, що перебувають в експлуатації. За аналізом Укрзалізниці, вже на даний час знос пасажирського парку складає 94 %, а це більше ніж 2000 вагонів. Якщо не оновити зазначений парк, то вже у 2021 році він буде скорочений до 1200 вагонів. Тобто парк буде зменшуватися на 150-300 вагонів кожний рік. При цьому станом на сьогодні у наявному паркі тільки 550 пасажирських вагонів мають термін експлуатації з дати побудови менше 25 років [1].

Якщо Укрзалізниця терміново не почне масових закупівель нових вагонів, то вже у 2021 році буде змушена зменшити об'єм пасажирських перевезень майже у 10 разів тому, що вагони, які були придбані у часи колишнього СРСР, потрібно буде виключити з інвентарю як такі, що досягли граничного терміну експлуатації.

Це неминуче приведе до неспроможності залізниць України задовольнити потребу населення у пасажирських перевезеннях, що негативно вплине на конкурентоспроможність вітчизняного пасажирського залізничного транспорту, а також на всю економіку країни в цілому.

Для оновлення парку Укрзалізниця розраховує у 2018 році придбати 350 – 400 нових вагонів, але це потребує витратити майже 10 млрд. грн. [1], що у сьогоднішніх дуже складних економічних умовах представляється нереальним.

***© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., 2018***

Більш реальним представляється придбання у 2018 р. Укрзалізницею у ПАТ «КВБЗ» 60-ти купейних та спальних вагонів [2]. Але це також не вирішить проблему суттєвого оновлення пасажирського парку Укрзалізниці.

Проблема старіння парку пасажирських вагонів виникла не сьогодні. Ще у 2008 році спільним наказом Мінтрансзв'язку та Мінпромполітики від 14.10.2008 р. № 1259 в Україні був прийнятий документ «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки» (далі – КПОЗРС) [3].

Вказана КПОЗРС передбачала два напрямки вирішення проблеми старіння пасажирського парку та, відповідно, вирішення проблеми забезпечення необхідного об'єму пасажирських перевезень:

- придбання нових сучасних пасажирських вагонів;
- продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів за рахунок відновлення їх ресерсу під час проведення капітально-відновлювального ремонту (далі – КВР) після того, як призначений термін експлуатації вагонами буде вичерпаний.

Згадана КПОЗРС встановлювала план придбання нових пасажирських вагонів по типам і рокам, план проведення КВР з відновленням ресурсу несучих елементів кузовів, з оновленням зовнішнього та внутрішнього обладнання, заміною систем життєзабезпечення, утворенням сучасного інтер'єру та продовженням терміну експлуатації на 20 – 23 роки.

Але, нажаль, плани так і залишились планами. Крім того, з моменту прийняття КПОЗРС економічна ситуація в країні суттєво погіршилась, і тому більшість з того, що було заплановано КПОЗРС, виявилось на даний час економічно нездійсненим.

Це не означає, що від всіх положень КПОЗРС потрібно назавжди відмовитися. Зазначені вище напрямки вирішення проблеми старіння пасажирського парку (придбання нових вагонів та відновлення ресурсу вагонів, що знаходяться в експлуатації, під час КВР) є актуальними сьогодні і будуть актуальними в найближчий час. Але слід прийняти до уваги також інші, більш реальні у сьогоднішніх умовах, шляхи вирішення проблеми збереження потрібного обсягу пасажирських перевезень.

**Удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів – один з реальних шляхів вирішення проблеми збереження потрібного експлуатаційного парку**

Метою удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, є отримання, за результатами спеціальних науково-експериментальних досліджень, достовірних даних щодо граничного терміну експлуатації вагонів конкретного типу та фактичного залишкового ресурсу кожного вагона даного типу, який піддається технічному діагностуванню.

Технічним діагностуванням пасажирських вагонів локомотивної тяги ДП «УкрНДІВ» займається з 1999 року і до теперішнього часу. За вказаний період фахівцями інституту накопичений великий досвід в проведенні зазначеної роботи. За весь період було проведено технічне діагностування 4201 пасажирському вагону приписки вагонних дільниць і депо, 435 вагонів за його результатами були виключені з інвентарю, але 3766 вагонам термін служби було продовжено, що дозволило залізницям України забезпечити необхідний рівень пасажирських перевезень та зберегти чималі кошти, які б, у випадку не проведення робіт з технічного діагностування, необхідно було витратити на придбання нового пасажирського рухомого складу.

На даний час чинним нормативним документом в Україні, що регламентує проведення робіт з технічного діагностування пасажирських вагонів локомотивної тяги є розроблена ДП «УкрНДІВ» спільно з Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) з урахуванням положень нормативних та керівних документів Укрзалізниці «Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін , з метою його продовження» ЦЛ-0070 (далі – «Методика…»), затверджена та введена в дію наказом Укрзалізниці від 25.06.2008 р. № 304-Ц [4].

Положення зазначеної «Методики…» поширюються на всі типи пасажирських вагонів локомотивної тяги, що вислужили призначений виробником даних вагонів термін. При цьому положення «Методики…» поширюються не тільки на пасажирські вагони загальної мережі експлуатації, що перевозять пасажирів, але і на вагони на базі пасажирських, переобладнані для потреб підрозділів та служб залізниць, які, відповідно до наказу Укрзалізниці від 17.05.2011 р. № 199-Ц, відносяться до групи службових, службово-технічних та спеціальних.

Відповідно до положень «Методики…», обсяг робіт з технічного діагностування включає обстеження технічного стану металоконструкції кузова кожного вагона, рам та надресорних балок його візків з використанням методів та засобів неруйнівного контролю та проведення один раз на 5 років контрольних міцнісних та ресурсних випробувань зразків кузовів різних типів вагонів, стендових випробувань на втому зразків рам та надресорних балок візків. Після аналізу результатів вищезазначених досліджень вагону встановлюється новий призначений термін служби.

При цьому призначення вагону нового терміну служби здійснюється поетапно (одноразове продовження терміну служби не перевищує 5-ти років). Зазначений новий термін служби наводиться у відповідному технічному рішенні на вагон.

Під час продовження конкретному вагону терміну експлуатації за результатами технічного діагностування виникає питання визначення фактичної величини граничного терміну його експлуатації (фактичного залишкового ресурсу), тобто терміну, після якого вагон підлягає виключенню з інвентарю, незалежно від його реального технічного стану.

Нажаль, до даного часу роботи з визначення залишкового ресурсу кузовів, рам та надресорних балок візків різних типів вагонів в Україні не проведені, незважаючи на наші неодноразові звернення та пропозиції до відповідних служб Укрзалізниці, стосовно фінансування зазначених робіт, які ДП «УкрНДІВ» готовий виконати та має для цього все необхідне.

Тому на даний час не обґрунтовано граничний термін служби пасажирських вагонів та їх візків, що експлуатуються на коліях залізниць України. Граничний термін експлуатації пасажирських вагонів та візків (41 рік з дати побудови), встановлений відповідними розпорядчими документами ПАТ «Українська залізниця», є необґрунтованим.

Продовження терміну експлуатації конкретного пасажирського вагона можна вважати повністю обґрунтованим лише у тому випадку, коли обґрунтованим є визначений за результатами науково-експериментальних досліджень та затверджений відповідними розпорядчими документами Укрзалізниці граничний термін експлуатації для вагонів даного типу.

Зазначені науково-експериментальні дослідження для кожного типу кузова вагона та візка, що знаходяться в експлуатації і граничний термін якого потрібно визначити, повинні складатися з наступних етапів:

- аналіз пошкоджень механічного та корозійного характеру з виявленням найбільш характерних для даного типу кузовів або візків за результатами обстеження вагонів, що вислужили призначений термін, за останні 5 років;

- ресурсні випробування зразків (не менше трьох) металоконструкції кузова, рами та надресорної балки візка до початку руйнування основних несучих елементів;

- аналіз та оцінка результатів досліджень з встановленням граничного терміну експлуатації кожного типу кузова вагона та візка.

В результаті зазначених досліджень буде отримана обґрунтована відповідь на питання про максимальну кількість років після закінчення призначеного терміну (28 – 30 років), на яку можна продовжувати термін експлуатації різних типів кузовів та візків.

Організація, що займається продовженням терміну служби пасажирських вагонів, повинна чітко знати скільки років після закінчення призначеного терміну можна експлуатувати вагон купейного типу виробництва «VEB Waggonbau Ammendorf Gmbh» (Німеччина), вагони некупейного типу виробництва Тверського вагонобудівного заводу (Росія) та Польщі, вагонів поштових, багажних, поштово-багажних та вагонів для спецконтингенту виробництва Ленінградського вагонобудівного заводу ім. Єгорова.

Після проведення зазначених науково-експериментальних досліджень визначені значення максимально можливих термінів експлуатації для кожного типу кузова вагона та візка необхідно буде ввести окремим наказом Укрзалізниці в якості граничних.

Введені таким чином граничні терміни експлуатації будуть поширюватися як на вагони загальної мережі експлуатації, так і на вагони службові, службово-технічні та спеціальні.

Вказані дослідження – це найбільш обґрунтований шлях для визначення граничного терміну експлуатації пасажирських вагонів, незалежно від їх призначення.

Визначені за результатами досліджень граничні терміни експлуатації металоконструкцій різних типів кузовів вагонів та візків будуть підставою для внесення відповідних змін в «Методику…».

**Висновки**

1. Науково-експериментальні дослідження технічного стану металоконструкцій пасажирських вагонів з метою визначення їх залишкового ресурсу це реальний шлях удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів.

2. Визначення за результатами проведених науково-експериментальних досліджень граничного терміну експлуатації кожного типу пасажирського вагона та візка – основа для обґрунтованого продовження терміну їх експлуатації .

3. Визначені за результатами досліджень граничні терміни експлуатації металоконструкцій різних типів кузовів та візків повинні поширюватися як на вагони загальної мережі експлуатації, так і на вагони службові, службово-технічні та спеціальні.

4 Визначені граничні терміни експлуатації всіх типів кузовів пасажирських вагонів та візків, що на даний час находяться в експлуатації на залізницях України, повинні бути затверджені окремим наказом ПАТ «Українська залізниця» та стати підставою для удосконалення діючої системи продовження терміну служби паса-

жирських вагонів локомотивної тяги шляхом внесення відповідних змін в «Методику» ЦЛ-0070.

## ЛІТЕРАТУРА

18. Поезд набирает ход: Как «Укрзализныця» планирует обновить пассажирские вагоны [електронний ресурс] – Режим доступу: https://news.finance.ua, 28/04/2017

19. Путешествуем по-новому. Пассажиров «Укрзализныця» пересадять в новые вагоны [електронний ресурс] – Режим доступу: https://etcetera.media.ua, 28/12/2017

20. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки: ДП «ДНДЦ УЗ», ДП «УкрНДІВ».-Київ, 2008.-654 с.

21. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, з метою його продовження: ЦЛ-0070.К.:Укрзалізниця, 2008.-59 с.

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, О.І. Войтенко, В.С. Речкалов***

# КАПІТАЛЬНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИЙ РЕМОНТ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЛОКОМОТИВНОЇ ТЯГИ ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ РЕЙКОВИМ РУХОМИМ СКЛАДОМ

***Розглянуто позитивний досвід України у забезпеченні залізниць, в умовах складної економічної ситуації, відновленими під час капітально-відновлювальних ремонтів пасажирськими вагонами, що мають сучасний рівень безпеки та комфорту, та результати науково-експериментальних досліджень характеристик одного з таких вагонів.***

## Вступ

Повільне оновлення пасажирських вагонів локомотивної тяги за роки незалежності України привело до стрімкого старіння їх експлуатаційного парку.

За інформацією ПАТ «Українська залізниця», отриманої з відкритих джерел [1-2], станом на 01.08.2018 р. інвентарний парк пасажирських вагонів локомотивної тяги складав 4521 одиницю. З них 57 % мають вік від 28 років до 41 року з дати побудови (тобто вислужили не тільки свій призначений термін, але і встановлений на залізницях України граничний, який на даний час складає 41 рік), 12% парку мають вік більше 41 року, 21 % парку – від 20 до 28 років, тільки 10 % вагонів мають вік до 20 років. Середній вік вагона – 30,1 року.

Тому на даний час в регулярній експлуатації знаходиться тільки 2906 з них. Не експлуатується 1551 вагон. Більшість з них підлягають виключенню з інвентарного парку у зв’язку з тим, що вислужили 41 рік, ще 400 вагонів з терміном служби більше 28 років чекають капітально-відновлювального ремонту.

У найближчі роки свій призначений термін вислужать ще майже 2000 пасажирських вагонів експлуатаційного парку [2].

При цьому оновлення парку пасажирських вагонів протягом останніх двох років здійснювалось досить повільно. Так, у період з 2016 року по 2017 рік ПАТ «Українська залізниця» купила 59 нових пасажирських вагонів виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (далі – ПАТ «КВБЗ»). У липні 2018 року ПАТ «Українська залізниця» провела тендер на закупівлю ще 54-х вагонів [2].

Але закупівля нових вагонів в такій кількості суттєво не поліпшить ситуацію, тому і сьогодні, і у найближчі роки слід більш приділяти увагу альтернативним шляхам збереження експлуатаційного парку пасажирських вагонів в необхідній для потрібного обсягу перевезень кількості, за умови забезпечення сучасного рівня їх безпеки та комфорту.

***© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Речкалов В.С., 2018***

Мета даної статті – проаналізувати ситуацію з проведенням капітально-відновлювальних ремонтів пасажирських вагонів локомотивної тяги в Україні, як альтернативного шляху, відносно придбання рухомого складу нової побудови, збереження парку пасажирських вагонів, та оцінити (на підставі позитивного досвіду їх проведення) можливості створення пасажирського рухомого складу, що має сучасний рівень безпеки та комфорту.

**Капітально-відновлювальні ремонти пасажирських вагонів локомотивної тяги в Україні**

Прийнята ще у 2008 році «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки» (далі – КПОЗРС) [3] для вирішення проблеми старіння пасажирського парку наряду з придбанням нових сучасних пасажирських вагонів передбачала також продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів за рахунок відновлення їх ресурсу під час проведення капітально-відновлювального ремонту (далі – КВР) після того, як призначений термін експлуатації вагонами буде вичерпаний.

Починаючи з 2000 року ПАТ «Українська залізниця» частково компенсує недолік пасажирських вагонів нової побудови вагонами, що вислужили призначений термін, модернізованими з продовженням терміну експлуатації під час проведення КВР.

Відповідно до чинних на даний час розпорядчих документів ПАТ «Українська залізниця» [4], капітально-відновлювальний ремонт - це ремонт пасажирських вагонів з відновленням ресурсу несучих елементів кузовів та візків, оновленням внутрішнього та зовнішнього обладнання, заміною всієї системи електрообладнання, утворенням сучасного інтер'єру та продовженням терміну експлуатації понад встановлений виробником при побудові (тобто понад призначений термін експлуатації).

Сьогодні технічні та організаційні питання проведення КВР пасажирських вагонів в Україні регламентує «Настанова з капітально-відновлювального ремонту пасажирських вагонів» [5] (надалі – «Настанова…»). Зазначена «Настанова…» поширюється на пасажирські вагони купейного типу 47К, 47Д, габариту «РИЦ» та вагонів-ресторанів побудови Німеччини, некупейного типу ЦМВО-66 побудови Тверського вагонобудівного заводу (ТВЗ), некупейного типу виробництва Польщі, багажних вагонів побудови Ленінградського вагонобудівного заводу ім. Єгорова.

Згідно з положеннями «Настанови…», основні параметри і розміри пасажирських вагонів після КВР повинні відповідати конструкторській документації заводів-виробників вагонів, технічним умовам з проведення КВР, що затверджені та зареєстровані у встановленому порядку.

Відповідно до вимог «Настанови…», у загальному випадку, під час КВР пасажирського вагона виконується наступне.

1. Усе обладнання, складові частини та деталі вагона демонтуються та проходять дефекацію у відповідних цехах та відділеннях ремонтних підприємств. При цьому рами візків підлягають вихреструмовому, ферозондовому та іншим видам неруйнівного контролю.

2. Кузов вагона розбирають до металевих деталей, при цьому внутрішні і зовнішні поверхні кузова очищають від продуктів корозії та лакофарбового покриття до чистого металу.

3. Ремонт виконують способом заміни несправних та морально застарілих вузлів і деталей новими або відремонтованими, рами та кузова ремонтують методами зварювання.

4. Усі металеві елементи кузова, що мають корозійні пошкодження більше 20 %, замінюють на нові. При цьому обов'язковій заміні підлягають, незалежно від ступеня корозійного пошкодження, наступні елементи: підлога в консольних частинах рам, підлога котельного відділення, вугільні ящики. Крім того, усуваються методом правки горизонтальні та вертикальні прогини та деформації балок рами, в окремих випадках пошкоджені елементи балок заміняють на нові. Для різних випадків пошкоджень «Настанова…» встановлює спеціальні правила відновлення, посилення та заміни стійок бокових стін, обв'язок, ремонту обшивок стін та даху.

5. Всі елементи внутрішнього обладнання вагона, в т.ч. вікна, зовнішні та внутрішні двері, столики, дивани, спальні полиці, світильники заміняють на нові, що відповідають сучасним вимогам безпеки, комфорту та дизайну. У вагоні встановлюються нові екологічно-чисті туалети.

6. На вагоні встановлюється нове електрообладнання, нова система опалення – комбінована електровугільна. Система вентиляції для вагона некупейного типу може бути збережена існуюча, або модернізована під встановлення дахового моноблочного кондиціонера. Вагони купейного типу мають бути оснащені системами кондиціювання повітря, при цьому повинна надаватись перевага модернізаціям з встановленням дахового моноблочного кондиціонера.

7. Вагон обладнується новою системою пожежної сигналізації, вогнеперешкоджающими конструкціями (перегородками), сучасними ефективними засобами пожежогасіння, що відповідають вимогам чинних нормативних документів з пожежної безпеки на залізничному транспорті.

8. Усі неметалеві матеріали, що використовуються у вагоні, що проходить КВР, повинні мати гігієнічні сертифікати, сертифікати пожежної безпеки, бути погоджені Департаментом воєнізованої охорони ПАТ «Українська залізниця» та Центральною санітарно-епідеміологічною станцією на залізничному транспорті.

Таким чином, за умови виконання всіх встановлених «Настановою…» вимог, у результаті проведення КВР експлуатаційний парк пасажирських вагонів України може поповнюватися модернізованими вагонами, що мають сучасний рівень безпеки, комфорту та дизайну.

На даний час в Україні КВР пасажирських вагонів виконують шість вагоноремонтних депо (Ковель, Бахмач, Гребінка, Синельникове, Каховка, Харків-Сортувальний) та два підприємства: ПАТ «Дніпропетровський завод з ремонту та будівництва пасажирських вагонів» (ПАТ «Дніпровагонрембуд») та ТОВ «Харківський вагонобудівний завод» (ТОВ «ХВЗ»).

Якщо вагоноремонтні депо Ковель, Бахмач, Гребінка, Синельникове, Харків-Сортувальний виконують КВР вагонам купейного типу побудови заводу Амендорф (Німеччина) згідно з вимогами ТУ У 30.2-16296913-057[6], то вагоноремонтне депо Каховка – некупейним вагонам побудови Тверського вагонобудівного заводу згідно з вимогами ТУ У 30.2-16296913-059[7].

Після проведення КВР згідно з вимогами [6 -7] загальний термін служби вагона (з урахуванням продовження) не має перевищувати полуторного призначеного терміну експлуатації.

Що стосується ТОВ «ХВЗ», то зазначене підприємство виконує КВР вагонів купейного типу побудови заводу Амендорф з переобладнанням їх у вагони міжобласні та купейні згідно з вимогами ТУ У 35.2-01056379-002 [8]. Після проведення

КВР загальний термін служби таких вагонів (з урахуванням продовження) не має перевищувати їх полуторного призначеного терміну експлуатації.

ТОВ «ХВЗ» освоєний також КВР вагонів некупейного типу моделей 61-181 та 61-425 згідно з вимогами ТУ У 35.2-01056379-001 [9]. При зазначеному КВР виконується модернізація хребтової балки рами, тому після його проведення термін служби вагонів продовжується на 20 років з дати виконання ремонту. Нажаль, інформація про підтвердження зазначеного терміну продовження результатами ресурсних випробувань відсутня.

ПАТ «Дніпровагонрембуд» виконує КВР вагонів некупейного типу згідно з вимогами ТУ У 35.2-0554514-001 [10] та купейного типу згідно з вимогами ТУ У 35.2-00554514-002 [11] з модернізацією та обладнанням вагонів установкою кондиціювання повітря. Після проведення КВР за зазначеними ТУ в умовах ПАТ «Дніпровагонрембуд» термін служби вагонів продовжується на 23 роки.

Слід зазначити, що вказаний термін продовження експлуатації був підтверджений результатами науково-експериментальних досліджень, проведених ще у 2001 році фахівцями Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) з використанням унікального випробувального обладнання (стенда для ресурсних вібраційних випробувань) ДП КБ «Південне» [12].

Як відомо з відкритих інформаційних джерел [13], у липні 2018 році ПАТ «Українська залізниця» через систему ProZorro провела тендер на виконання капітально-відновлювальних ремонтів на суму 271,17 млн. грн. (з урахуванням ПДВ), у якому прийняли участь ПАТ «Дніпровагонрембуд» та ТОВ «ХВЗ».

В рамках тендеру було замовлено КВР 5-ти вагонам купейного типу на загальну суму 64,5 млн. грн. та 16-ти некупейним вагонам на загальну суму 206,6 млн. грн. За умовами тендеру, роботи повинні бути виконані до кінця 2018 р.

Як випливає з вищенаведеного, у 2018 році вартість проведення КВР одного вагона в Україні у середньому складає 12,9 млн. грн.

При цьому, у тому ж 2018 році фактична вартість купейного вагона в базовій комплектації виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ») складає 25,7 млн. грн. [14], що у двічі більше вартості модернізованого під час КВР пасажирського вагона.

На рисунку 1 зображені внутрішні приміщення купейного вагона після 28 років експлуатації перед КВР, на рисунках 2 – 4 – зовнішній вигляд купейного вагона після КВР, а також вигляд його внутрішніх приміщень.

Для порівняння на рисунку 5 зображені внутрішні приміщення нового купейного вагона моделі 61-779 виробництва ПАТ «КВБЗ».

*Рис. 1.* **Вигляд внутрішніх приміщень купейного вагона до КВР**

*Рис. 2.* **Зовнішній вигляд купейного вагона після КВР**

*Рис. 3.* **Вигляд туалету та тамбуру купейного вагона після КВР**

*Рис. 4.* **Вигляд коридору та пасажирського купе вагона після КВР**

*Рис. 5.* **Вигляд приміщень нового купейного вагона ПАТ «КВБЗ»**

Як випливає з наведених рисунків, загальний вигляд внутрішніх приміщень пасажирських вагонів після КВР та пасажирських вагонів ПАТ «КВБЗ» нової побудови, що відповідають сучасному рівню дизайну та комфорту, практично мало відрізняється.

Що стосується відповідності характеристик пасажирських вагонів після КВР чинним на даний час в Україні вимогам безпеки та комфорту, то обґрунтовану відповідь на дане питання можна отримати лише за результатами науково-експериментальних досліджень зазначених характеристик.

**Результати науково-експериментальних досліджень характеристик безпеки та комфорту пасажирського вагона, переобладнаного з купейного вагона побудови заводу Амендорф при проведенні КВР**

Науково-експериментальні дослідження характеристик безпеки та комфорту пасажирського вагона, переобладнаного з купейного вагона побудови заводу Амендорф при проведенні КВР були проведені ДП «УкрНДІВ» у серпні 2018 р. в рамках роботи з проведення його кваліфікаційних випробувань.

Випробуванням був підданий купейний вагон типу 47 Д, побудований заводом Амендорф у березні 1988 р., що пройшов КВР з продовженням терміну експлуатування на ПАТ «КВБЗ».

Зазначені кваліфікаційні випробування проводились з метою підтвердження готовності ПАТ «КВБЗ» до виконання КВР купейним вагонам типу 47Д згідно з вимогами ТУ [8].

Випробування проводились відповідно до узгоджених та затверджених програм та методик кваліфікаційних випробувань на території ПАТ «КВБЗ».

За результатами випробувань встановлено наступне:

- габаритні розміри кузова вагона та візків відповідають встановленим ТУ [8] габаритам (1-ВМ для кузова, 02-ВМ для візків);
- всі характеристики безпеки внутрішнього немеханічного обладнання відповідають вимогам чинної на даний час нормативної документації (далі – НД) та ТУ [8];
- освітленість у всіх приміщеннях вагона відповідає вимогам НД та ТУ [8];
- основні розмірні (ергономічні) характеристики приміщень вагона в основному відповідають вимогам НД та ТУ [8], за винятком окремих характеристик, попередньо узгоджених з ПАТ «Українська залізниця»;
- показники роботи гальмівної системи вагона відповідають НД, гальмівна ефективність за критерієм єдиного гальмівного натиснення чавунних колодок на 100 тс ваги поїзда забезпечується;
- міцність елементів металоконструкції кузова для всіх розрахункових режимів навантаження, а також від навантажень, які можуть виникати під час ремонту та обслуговування вагона, відповідає вимогам НД та ТУ [8], при цьому максимальні сумарні напруження у перерізах елементів для різних розрахункових режимів дорівнюють (30 – 68) % від встановленої в НД величини;
- зміщення центру ваги порожнього екіпірованого вагона відповідає вимогам НД;
- маса тари вагона складає 52,65 т, що відповідає вимогам ТУ [8];
- показники електробезпеки (електричний опір ізоляції, електрична міцність ізоляції, електричний опір захисного заземлення) відповідають вимогам НД;

- роботоздатність електрообладнання при номінальних, граничних та аварійних режимах роботи, а також його нагрів відповідає вимогам НД;
- рівні шуму, інфразвуку та звукового тиску в приміщеннях вагона відповідають вимогам НД та ТУ [8];
- температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря в приміщеннях вагона, температура внутрішніх поверхонь огороджувальних стін, точність підтримки температури в приміщеннях при роботі системи кондиціювання відповідає нормативним вимогам;
- кількість зовнішнього повітря, що подається системою вентиляції на одну людину, з урахуванням номінальної місткості вагона, складає 36 м$^3$/год, що перевищує нормативне значення (не менше 30 м$^3$/год);
- підпор повітря в приміщеннях вагона під час руху зі швидкістю до 120 км/год та понад 120 км/год відповідає нормативним вимогам.

За результатами проведених випробувань приймальна комісія признала вагон таким, що відповідає вимогам діючих НД, та дозволила його експлуатування впродовж терміну, встановленого ТУ [8] (полуторний призначений термін експлуатації з дати побудови, що для даного типу вагонів складає 42 роки).

Враховуючи те, що згідно з наказом ПАТ «Українська залізниця» [4], в КВР відправляють вагони загальної мережі експлуатації в основному після 28-ми років експлуатації, що дорівнює їх призначеному терміну служби (після 30-ти років тільки вагони побудови ПАТ «КВБЗ», після 25-ти років тільки вагони-ресторани), термін продовження експлуатації вагона після КВР, в залежності від ТУ, по яким він буде виконуватися, та вагоноремонтного підприємства-виконавця КВР, може складати від 14-ти років до 23-х років.

**Висновки**

1. На даний час технічні та організаційні питання проведення КВР пасажирських вагонів локомотивної тяги в Україні регламентує «Настанова з капітально-відновлювального ремонту пасажирських вагонів» та технічні умови на конкретні типи вагонів, які містять вимоги до їх елементів та систем, виконання яких дозволяє у складних економічних умовах забезпечувати залізниці модернізованими в Україні вагонами з поліпшеними характеристиками безпеки та комфорту.

2. КВР пасажирських вагонів з продовженням терміну служби в Україні сьогодні виконують два вагоноремонтних підприємства (ПАТ «Дніпровагон-рембуд», ТОВ «ХВЗ») та шість вагоноремонтних депо (Ковель, Бахмач, Гребінка, Синельникове, Каховка, Харків-Сортувальний), які модернізують два основних типи вагонів локомотивної тяги: купейного типу та некупейного (відкритого) типу, за різними технічними умовами, які встановлюють модернізованим вагонам різні терміни продовження експлуатації.

3. Сучасні вимоги до елементів та систем вагонів, які встановлюють технічні умови на їх КВР, привели до того, що загальний вигляд внутрішніх приміщень пасажирських вагонів після КВР та нових пасажирських вагонів українського виробництва, що відповідають сучасному рівню дизайну та комфорту, суттєво не відрізняється. При цьому фактична вартість нового пасажирського вагона ПАТ «КВБЗ» сьогодні вдвічі перевищує вартість вагона аналогічного типу після КВР.

4. Результати науково-експериментальних досліджень характеристик безпеки та комфорту пасажирських вагонів, що пройшли КВР з продовженням терміну екс-

плуатації, свідчать про їх відповідність чинним на даний час в Україні НД та технічним умовам.

5. Термін продовження експлуатації вагона після КВР, в залежності від ТУ, по яким він буде виконуватися, та вагоноремонтного підприємства-виконавця КВР, може складати від 14-ти років до 23-х років.

6. З урахуванням викладеного, у сьогоднішніх складних економічних умовах КВР пасажирських вагонів з продовженням терміну експлуатації є цілком розумною альтернативою придбанню вагонів нової побудови для забезпечення залізниць України пасажирськими вагонами сучасного рівня безпеки та комфорту.

## ЛІТЕРАТУРА


1. Как выглядит пассажирский вагон «Укрзализныци» после капитального ремонта [електронний ресурс] – Режим доступу: https://delo.ua, 26/07/2017
2. Треть пассажирских вагонов УЗ простаивает из-за поломок и возраста [електронний ресурс] – Режим доступу: https://news.finance.ua, 24/08/2018.
3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки: ДП «ДНДЦ УЗ», ДП «УкрНДІВ».-Київ, 2008.-654 с.
4. Наказ ПАТ «Українська залізниця» № 006 від 11.01.2017 р. «Про деякі питання технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів»,- Київ, 2017. – 2 с.
5. Настанова з капітально-відновлювального ремонту пасажирських вагонів, ЦЛ-0074 (введена Наказом УЗ від 17.12.2008 р. № 541-Ц).- Київ, 2008. – 2 с.
6. ТУ У 30.2-16296913-057:2015 «Вагон пасажирський купейний побудови заводу Амендорф. Капітально-відновлювальний ремонт з продовженням терміну експлуатування». – 42 с.
7. ТУ У 30.2-16296913-059:2015 «Вагон пасажирський некупейний побудови ТвВБЗ. Капітально-відновлювальний ремонт з продовженням терміну експлуатування». – 44 с.
8. ТУ У 35.2-01056379-002:2007 «Вагони міжобласні та купейні, переобладнані з купейного вагона побудови заводу Амендорф при проведенні капітально-відновлювального ремонту (КВР)» – 58 с.
9. ТУ У 35.2-01056379-001:2007 «Вагони пасажирські не купейні побудови ТвВБЗ моделей 61-181 та 61-425. Капітально-відновлювальний ремонт (КВР) з модернізацією хребтової балки». – 22 с.
10. ТУ У 35.2-0554514-001-2002 «Вагон пасажирський некупейний модернізований по проекту 27.00.00.00.000, обладнаний установкою кондиціювання повітря». – 40 с.
11. ТУ У 35.2-0554514-002-2002 «Вагон пасажирський купейний модернізований по проекту 46.00.00.00.000, обладнаний установкою кондиціювання повітря». – 38 с.
12. Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение теоретических и экспериментальных исследований с оценкой срока службы пассажирского вагона после капитально-восстановительного ремонта, выполненного согласно требованиям ТУ У 32.01116130.331-99, «Руководства по капитально-восстановительному ремонту пассажирских вагонов» № ЦЛ-0012 по условиям\. Технологии и конструкторской документации ОАО «Днепровагонремстрой».-Днепропетровск, 2001.-309 с.
13. Укрзализныця объявила тендер на ремонт пассажирских вагонов на сумму свыше 271 млн. гривен [електронний ресурс] – Режим доступу: uprom.info, 10/07/2018.
14. Цены на пассажирские вагоны КВСЗ ниже рыночных [електронний ресурс] – Режим доступу: www.kvsz.com/index, 17/07/2018.

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко***

# АЛГОРИТМ ВІДБОРУ ЗРАЗКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА ЛОКОМОТИВНОЇ ТЯГИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ

***Розглянуто запропонований алгоритм відбору зразків пасажирських вагонів та візків для контрольних випробувань з метою визначення можливості продовження терміну їх експлуатації, наведено умовний приклад відбору зразка вагона некупейного типу для контрольних випробувань.***

## Вступ

На даний час в Україні продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів локомотивної тяги, що вислужили призначений термін, проводиться на підставі результатів їх технічного діагностування.

Проведення робіт з технічного діагностування пасажирських вагонів локомотивної тяги регламентує розроблена ДП «УкрНДІВ» спільно з Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (ДНУЗТ) з урахуванням положень нормативних та керівних документів ПАТ «Українська залізниця» «Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, з метою його продовження» ЦЛ-0070 [1] (далі – «Методика…»), затверджена та введена в дію наказом Укрзалізниці від 25.06.2008 р. № 304-Ц.

Згідно з положеннями «Методики…», обсяг робіт з технічного діагностування пасажирського вагона локомотивної тяги включає не тільки обстеження технічного стану металоконструкції кузова, рам та надресорних балок його візків, але і контрольні випробування зразка вагона даного типу, які проводяться один раз у п’ять років в рамках окремої науково-дослідної роботи (далі – НДР). В обсяг контрольних випробувань включають наступні їх види:

статичні випробування металоконструкції кузова;

– випробування металоконструкції кузова на ударні навантаження;

– ударні ресурсні випробування металоконструкції кузова (які в окремих обґрунтованих випадках можуть бути замінені на ходові міцносні випробування);

– стендові випробування на втому рам та надресорних балок візків.

За результатами контрольних випробувань встановлюється можливість продовження терміну служби кузовам та візкам вагонів даного типу на наступний 5-річний термін, або визначається граничний термін їх експлуатації.

Зразки кузовів вагонів та візків для контрольних випробувань відбираються з партії вагонів, які підлягають технічному діагностування в поточному році (вагони, які вислужили призначений термін), в процесі обстеження їх технічного стану.

***© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., 2018***

Відповідно до вимог «Методики…», для контрольних випробувань металоконструкції кузова відбирається один зразок вагона даного типу на візках. Зразок вагона повинен бути повністю обладнаний та екіпірований. Кузов зразка вагона не повинен мати пошкоджень у вигляді тріщин.

Для контрольних випробувань металоконструкції візка відбираються не менше двох зразків рами та надресорної балки візка одного типу, що не мають пошкоджень у вигляді тріщин.

Зразки, відібрані для випробувань, повинні мати найбільший термін служби, мінімальні товщини основних несучих елементів (за можливості) та найбільш характерні для даного типу кузовів та візків пошкодження механічного та корозійного характеру.

Якщо відбір зразків з найбільшим терміном служби та мінімальними товщинами основних несучих елементів питань не викликає, то питання відбору зразків за критерієм найбільш характерних для даного типу кузовів та візків пошкоджень потребує відповідних пояснень.

Необхідно враховувати, що результати контрольних випробувань будуть розповсюджені на усю партію вагонів даного типу, що підлягають діагностуванню у поточному році. Від того, наскільки коректно відібрані зразки для контрольних випробувань, безпосередньо залежить обґрунтованість їх результатів, які будуть використовуватися для вирішення питання продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів.

Мета даної статті – запропонувати алгоритм обґрунтованого відбору зразків кузовів вагонів, рам та надресорних балок візків для контрольних випробувань за критерієм найбільш характерних для даного типу кузовів вагонів та візків пошкоджень механічного та корозійного характеру.

**Алгоритм відбору зразків пасажирських вагонів та візків для контрольних випробувань, що пропонується**

Згідно з вимогами «Методики…», під час обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів, рам та надресорних балок їх візків з використанням методів та засобів неруйнівного контролю виявляються та фіксуються у відповідних картах технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів, рам та надресорних балок візків та в картах вимірювання товщин основних несучих елементів зазначених металоконструкцій пошкодження механічного та корозійного характеру.

Зазначені карти оформлюються у вигляді додатків до звітів та анотацій з технічного діагностування, які надаються замовникам разом з актами виконаних робіт та зберігаються в архіві ДП «УкрНДІВ».

Для використання під час відбору зразків для контрольних випробувань дані, що містять вказані карти, повинні оформлятися у вигляді таблиць наступної форми:

*Таблиця 1*- **Результати обстеження технічного стану металоконструкції кузова вагона купейного типу №……..**

Тип вагона (модель): …….. Місяць та рік побудови: …….

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру (максимальні значення) | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні (максимальні значення) | загальні |
| Балка хребтова (консоль рами) | | | |
| Балка шворнева | | | |
| Балка лобова | | | |
| Балка кінцева | | | |
| Розкіс рами | | | |
| Балка проміжна | | | |
| Нижня обв'язка | | | |
| Кутова стійка | | | |
| Обшивка бокової стіни | | | |
| Обшивка торцевої стіни | | | |
| Обшивка даху | | | |
| Настил підлоги | | | |

*Таблиця 2*- **Результати обстеження технічного стану металоконструкції кузова вагона некупейного типу №……..**

Тип вагона (модель): …….. Місяць та рік побудови: …….

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру (максимальні значення) | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні (максимальні значення) | загальні |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Балка хребтова (консольна частина) | | | |
| Балка хребтова (середня частина) | | | |
| Балка шворнева | | | |
| Балка кінцева | | | |
| Балка проміжна | | | |

*Кінець таблиці 2*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Нижня обв'язка | | | |
| Кутова стійка | | | |
| Обшивка бокової стіни | | | |
| Обшивка торцевої стіни | | | |
| Обшивка даху | | | |
| Настил підлоги | | | |

*Таблиця 3* - **Результати обстеження технічного стану рами візка №…….. вагона №……..**

Тип візка: …….. Місяць та рік побудови: …….

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру (максимальні значення) | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні (максимальні значення) | загальні |
| Бокова поздовжня балка | | | |
| Середня поперечна балка | | | |
| Кінцева поперечна балка | | | |
| Допоміжна поздовжня балка | | | |

*Таблиця 4* - **Результати обстеження технічного стану надресорної балки візка №…….. вагона №……..**

Тип візка: …….. Місяць та рік побудови: …….

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру (максимальні значення) | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні (максимальні значення) | загальні |
| Елементи надресорної балки у її різних зонах | | | |

Для визначення найбільш характерних для даного типу кузовів вагонів та візків пошкоджень механічного та корозійного характеру повинні бути використані результати обстеження технічного стану всіх вагонів, що пройшли технічне діагнос-

тування протягом року, що передує року, у якому заплановані контрольні випробування.

Після того, як таблиці 1-4 повністю заповнені, проводиться аналіз отриманої інформації по кожному несучому елементу металоконструкції, результати якого вносяться в табл. 5, 6, 7, 8 (див. наведені приклади).

*Таблиця 5 (приклад)* – **Характеристики пошкоджень хребтової балки рами механічного та корозійного характеру вагона купейного (некупейного) типу (моделі ….)**

| Найменування пошкодження механічного характеру | Кількість вагонів, що має зазначене пошкодження | Найменування пошкодження корозійного характеру | Кількість вагонів, що має зазначене пошкодження |
|---|---|---|---|
| | | | |

*Таблиця 6 (приклад)* – **Характеристики пошкоджень бокової поздовжньої балки рами візка типу…….**

| Найменування пошкодження механічного характеру | Кількість візків, що має зазначене пошкодження | Найменування пошкодження корозійного характеру | Кількість візків, що має зазначене пошкодження |
|---|---|---|---|
| | | | |

Аналіз виявлених пошкоджень по кожному несучому елементу кузовів, рам та надресорних балок візків дає можливість визначити найбільш характерні пошкодження для кожного типу пасажирського вагона або візка, що підлягає технічному діагностуванню.

За результатами такого аналізу по кожному типу пасажирського вагона та візка повинні бути заповнені таблиці (див. наведені приклади)

*Таблиця 7 (приклад)* – **Найбільш характерні пошкодження металоконструкції кузова вагона купейного типу**

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні | загальні |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Балка хребтова | | | |
| Балка шворнева | | | |
| Балка лобова | | | |
| Балка кінцева | | | |

*Кінець таблиці 7*

| 1 | 2 | 3 | **4** |
|---|---|---|---|
| Розкіс рами | | | |
| Балка проміжна | | | |
| Нижня обв'язка | | | |
| Кутова стійка | | | |
| Обшивка бокової стіни | | | |
| Обшивка торцевої стіни | | | |
| Обшивка даху | | | |
| Настил підлоги | | | |

*Таблиця 8 (приклад)* – **Найбільш характерні пошкодження рами пасажирського візка типу КВЗ-ЦНИИ-І**

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні | загальні |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Бокова поздовжня балка | | | |
| Середня поперечна балка | | | |
| Кінцева поперечна балка | | | |
| Допоміжна поздовжня балка | | | |

Слід зазначити, що в стовбці 2,3,4 таблиць 7-8 вносяться тільки ті характеристики пошкоджень, які виявлені у найбільшого числа обстежених вагонів. Пошкодження, що виявлені лише у окремих вагонів, до уваги не приймаються, як такі, що носять випадковий характер.

Після заповнення таблиць найбільш характерних пошкоджень для кожного типу пасажирського вагона та візка, що підлягають технічному діагностуванню у поточному році, в процесі обстеження їх технічного стану, з використанням зазначених таблиць та урахуванням інших вищезазначених критеріїв відбору (найбільший термін служби та мінімальні товщини основних несучих елементів), здійснюється відбір зразка вагона та візків для контрольних випробувань.

**Умовний приклад відбору зразків вагонів некупейного типу для контрольних випробувань**

Для пояснення запропонованого алгоритму відбору зразків вагонів для контрольних випробувань, пропонуємо розглянути умовний приклад такого відбору для умов, що контрольні випробування зразків вагонів заплановані на 2018 рік, а у

2017 році технічне діагностування проходили вагони некупейного типу за договором № ПЗ/Л-171134/НЮ/131-17 від 21.06.2017 р., укладеним з Виробничим підрозділом вагонна дільниця ст. Київ-Пасажирський філії «Пасажирська компанія» ПАТ «Українська залізниця».

В якості джерела інформації про виявлені пошкодження металоконструкцій механічного та корозійного характеру використана анотація за назвою «Послуги з технічного діагностування пасажирських вагонів. Тема 4. Договір № ПЗ/Л-171134/НЮ/131-17 від 21.06.2017 р. з додатковою угодою № 1» [2], у додатку А якої наведені карти технічного стану вагонів та візків з результатами вимірювання товщин основних несучих елементів.

За результатами аналізу карт технічного стану металоконструкцій кузовів 54-х вагонів було встановлено наступне:

- технічному діагностуванню підлягали вагони 1979, 1980, 1981, 1982 років побудови моделі 61-425 та вагони моделі 61-821 1985 та 1986 років побудови;
- металоконструкції вагонів некупейного типу моделей 61-425 та 61-821 не мають суттєвих відмінностей, і тому для відбору зразка для контрольних випробувань може прийматися до уваги технічний стан всіх 54-х вагонів без поділення їх на моделі;
- елементи металоконструкцій кузовів пошкоджень механічного характеру (тріщин, розривів, деформацій) не мають, але мають локальні пошкодження корозійного характеру;
- локальні корозійні пошкодження елементів хребтової балки рами у більшості вагонів знаходяться в межах (16 – 20) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження елементів шворневих балок рами у більшості вагонів знаходяться в межах (6 – 10) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження елементів кінцевих балок рами у більшості вагонів знаходяться в межах (11 – 15) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження елементів нижніх обв'язок у більшості вагонів знаходяться в межах (20 – 25) % від номінальних товщин;
- корозійні пошкодження проміжних балок рами у вагонів відсутні;
- локальні корозійні пошкодження кутових стійок у більшості вагонів знаходяться в межах (11 – 15) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження обшивки бокових стін у більшості вагонів знаходяться в межах (16 – 20) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження торцевих стін у більшості вагонів знаходяться в межах (11 – 15) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження обшивки даху у більшості вагонів знаходяться в межах (6 – 10) % від номінальних товщин;
- локальні корозійні пошкодження металевого настилу підлоги у більшості вагонів знаходяться в межах (16 – 20) % від номінальних товщин.

За результатами аналізу технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів некупейного типу заповнюємо таблицю найбільш характерних пошкоджень (табл. 9).

*Таблиця 9* – **Найбільш характерні пошкодження металоконструкції кузовів вагонів некупейного типу, що знаходяться в експлуатації 31 – 38 років**

| Елемент металоконструкції кузова | Пошкодження механічного характеру | Пошкодження корозійного характеру, % від номінальної товщини | |
|---|---|---|---|
| | | локальні | загальні |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Балка хребтова | відсутні | 16 - 20 | не визначались |
| Балка шворнева | відсутні | 6 - 10 | не визначались |
| Балка кінцева | відсутні | 11 - 15 | не визначались |
| Балка проміжна | відсутні | відсутні | відсутні |
| Нижня обв'язка | відсутні | 20 - 25 | не визначались |
| Кутова стійка | відсутні | 11-15 | не визначались |
| Обшивка бокової стіни | відсутні | 16 - 20 | не визначались |
| Обшивка торцевої стіни | відсутні | 11 - 15 | не визначались |
| Обшивка даху | відсутні | 6 - 10 | не визначались |
| Настил підлоги | відсутні | 16 - 20 | не визначались |

За вищенаведеним критеріями відбору зразка вагона для контрольних випробувань визначаємо характеристики, за якими повинен відбиратися зразок вагона некупейного типу, якщо проведення контрольних випробувань заплановано на 2018 рік. Результати визначення наведені у табл. 10.

*Таблиця 10* – **Характеристики зразка вагона пасажирського некупейного для контрольних випробувань у 2018 році**

| Найменування характеристик зразка вагона для контрольних випробувань | Значення характеристик |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Рік побудови вагона | 1979 – 1982 |
| Наявність пошкоджень металоконструкції кузова механічного характеру | відсутні |
| Локальні пошкодження несучих елементів металоконструкції кузова корозійного характеру, % від номінальної товщини: | |
| - балка хребтова | 16 – 20 |
| - балка шворнева | 6 – 10 |
| - балка проміжна | - |

*Кінець таблиці 10*

| 1 | 2 |
|---|---|
| - балка кінцева | 11 – 15 |
| - нижня обв'язка | 20 – 25 |
| - кутова стійка | 11 - 15 |
| - обшивка бокової стіни | 16 - 20 |
| - обшивка торцевої стіни | 11 - 15 |
| - обшивка даху | 6 - 10 |
| - настил підлоги | 16 - 20 |

Таким чином, якщо контрольні випробування зразка вагона некупейного типу заплановані на 2018 рік, з партії вагонів, які підлягають технічному діагностуванню у 2018 році, в процесі обстеження їх технічного стану повинен бути відібраний зразок для контрольних випробувань, характеристики якого відповідають наведеним у табл. 10.

**Висновки**

1. Враховуючи те, що результати контрольних випробувань повинні бути розповсюджені на усю партію вагонів даного типу, що підлягають діагностуванню у поточному році, особливу увагу необхідно приділяти відбору зразків для таких випробувань Від того, наскільки коректно відібрані зразки для контрольних випробувань, безпосередньо залежить обґрунтованість їх результатів, які будуть використовуватися для вирішення питання продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів.

2. Запропонований алгоритм відбору зразків для контрольних випробувань дозволить проводити зазначену операцію обґрунтовано, на підставі аналізу результатів обстеження технічного стану металоконструкцій кузовів вагонів, рам та надресорних балок візків всіх вагонів, що пройшли технічне діагностування протягом року, що передує року, у якому заплановані контрольні випробування.

3. Алгоритм відбору дозволяє обґрунтовано визначити всі необхідні характеристики вагона, які повинен мати вагон, вибраний у якості зразка для контрольних випробувань у поточному році.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, з метою його продовження: ЦЛ-0070.К.:Укрзалізниця, 2008.-59 с.

2. Анотація «Послуги з технічного діагностування пасажирських вагонів. Тема 4. Договір № ПЗ/Л-171134/НЮ/131-17 від 21.06.2017 р. з додатковою угодою № 1», інв. № 1637, ДП «УкрНДІВ», 2018.-139 с.

*УДК 629.4.014.62:001.891*

***Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко***

# ВАНТАЖНІ ТЕПЛОВОЗИ АМЕРИКАНСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

***Розглянуто необхідність поповнення парку тягового рухомого складу залізниць України вантажними тепловозами нової побудови, основні технічні характеристики та переваги тепловоза серії ТЭ33АС виробництва компанії General Electric Transportation, попередні результати його сертифікаційних випробувань Україні***

## Вступ

З відкритих інформаційних джерел [1, 2] відомо, що вже до кінця поточного року ПАТ «Українська залізниця» має можливість оновити свій парк вантажних локомотивів завдяки партнерству з американською компанією General Electric Transportation (далі – GE Transportation) – дочірнім підприємством американського промислового гіганта General Electric.

Між ПАТ «Українська залізниця» та GE Transportation 23 лютого 2018 р був підписаний рамочний договір стосовно 15-річного партнерства щодо оновлення та модернізації тягового рухомого складу українських залізниць на суму 1 млрд. доларів. Відповідно до умов договору до 2034 року передбачається поставка в Україну 225 тепловозів ТЭ33АС (тепловоз з електропередачею модель 33 з асинхронним приводом) виробництва GE Transportation серії Evolution.

ПАТ «Українська залізниця» буде експлуатувати зазначені тепловози на умовах фінансового лізингу. Закуповувати їх буде державний Укрексімбанк за рахунок власних коштів під гарантії американського Citibank. Техніка буде частиною його активів, яку він буде надавати у лізинг ПАТ «Українська залізниця».

Виробництво тепловозів ТЭ33АС для України на американських підприємствах розпочато на початку 2018 р. Восени 2018 р. та у першому кварталі 2019 р. в Україну будуть доставлені 30 тепловозів зазначеної серії.

Після прибуття в Україну тепловози буде необхідно локалізувати, тобто доробити для використання в Україні. Локалізацію буде проводити ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ»). Рівень локалізації першої партії тепловозів буде складати не менше ніж 10 %, наступних партій – не менше ніж 40 %.

На даний час тепловози ТЭ33АС по ліцензії GE Transportation виробляє також АТ «Локомотив Курастыру Зауыты» в м. Астана (республіка Казахстан). Загальний вигляд такого тепловоза наведений на рисунку 1.

***© Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., 2018***

*Рис. 1.* **Тепловоз серії ТЭ33АС виробництва АТ «Локомотив Курастыру Зауыты»**

Згідно з інформацією [3], 10 вересня 2018 р. в порт м. Чорноморська (колишній Іллічевськ) прибув перший з 30-ти замовлених тепловозів серії ТЭ33АС виробництва GE Transportation. Після розвантаження у Чорноморську зазначений тепловоз був перевезений в м. Кременчук на ПАТ «КВБЗ», де буде здійснено його кінцеве доопрацювання для використання в Україні.

Загальний вигляд даного тепловоза наведений на рисунку 2.

*Рис. 2.* **Тепловоз серії ТЭ33АС виробництва GE Transportation**

Мета даної статті – проаналізувати ситуацію з тяговим рухомим складом на залізницях України, обґрунтувати необхідність його поповнення вантажними тепловозами нової побудови, оцінити технічні показники вантажних тепловозів серії ТЭ33АС виробництва GE Transportation, що будуть поставлятися в Україну, та розглянути попередні результати науково-експериментальних досліджень характеристик одного з таких тепловозів

**Необхідність поповнення парку тягового рухомого складу залізниць України вантажними тепловозами нової побудови**

Згідно з інформацією [4, 5], сьогодні ситуація з локомотивним парком ПАТ «Українська залізниця» є майже катастрофічною. Останній раз ПАТ «Українська залізниця» купувала нові магістральні тепловози у 1992 році.

За останні 10 років кількість магістральних локомотивів зменшилась на 30 % внаслідок їх щорічного списання.

Як результат, на даний час тепловозний парк ПАТ «Українська залізниця» включає 609 вантажних тепловозів різних типів (2ТЭ116, М62, 2М62в/і, 2ТЭ10в/і). При цьому зношеність тепловозного парку досягає майже 100 %, а їх середній вік - 31 рік при призначеному терміні експлуатації 20 років, що потребує їх негайної заміни.

Як відомо з відкритих інформаційних джерел, наприклад [6], програми ПАТ «Українська залізниця» з закупівлі локомотивів не виконуються вже багато років. Навіть остання п’ятирічна програма, розроблена у 2016 році, не виконана практично по всім позиціям. Наприклад, з 12-ти вантажних тепловозів, які планувалось придбати у 2016-2017 рр., не було закуплено жодного.

Гостра потреба у магістральних вантажних тепловозах встала в Україні декілька років тому внаслідок порушення традиційних напрямків перевезень на Донецькій залізниці у зв’язку з бойовими діями.

Сьогодні магістральні тепловози гостро необхідні для доставки сировини та вивозу готової продукції маріупольських металургійних підприємств («Азовсталь» та ММК ім. Ілліча, що входять у групу «Метінвест»). Крім того, такі тепловози необхідні на Львівської залізниці, де багато неелектрифікованих ділянок, а також на прикордонних з Польщею та Білоруссю дільницях.

Вітчизняних локомотивів Україна сьогодні також не виробляє. Єдиний в Україні завод, що їх будував (ПАТ «Луганськтепловоз») знаходиться на непідконтрольної Україні території.

На думку експертів в галузі залізничного транспорту України, наприклад, колишнього заступника міністра інфраструктури О. Кави, виробництво потрібних Україні вантажних тепловозів міг би освоїти ПАТ «КВБЗ» протягом трьох років [1].

Існує також думка експертів про те, що шлях на придбання магістральних вантажних тепловозів нової побудови є економічно недоцільним та помилковим. За інформацією вже згаданого колишнього заступника міністра інфраструктури О. Кави [3], всі наші західні країни-сусіди (Польща, Чехія, Словакія, Білорусія, Угорщина) йдуть шляхом модернізації існуючого парку тепловозів.

В Україні є необхідні виробничі потужності для проведення модернізації (Дніпропетровський тепловозоремонтний завод, Полтавський тепловозоремонтний завод, тепловозоремонтні депо), крім того, вартість модернізації значно менше ніж вартість придбання нового рухомого складу.

Але, як вважає керівництво ПАТ «Українська залізниця», часу вже немає. Вантажні магістральні тепловози були гостро потрібні ще вчора, і тому єдиним виходом з ситуації, що склалася, є закупівля готового, максимально адаптованого під українські стандарти рухомого складу [6].

**Тепловози серії ТЭ33АС виробництва GE Transportation – тяговий рухомий склад сучасного рівня**

Тепловози, що будуть поставлятися в Україну компанією GE Transportation, це односекційні магістральні вантажні локомотиви ТЭ33АС серії Evolution, які на даний час експлуатуються у багатьох країнах. Лідерами по їх закупівлі є Індія, Китай, Австралія, Бразилія, Південно-Африканська Республика.

Всього було виготовлено більше 3000 таких тепловозів, з них більше 300 одиниць АТ «Локомотив Курастыру Зауыты» в Астані [6].

Основні порівняльні характеристики тепловоза ТЭ33АС та сучасних тепловозів інших серій та виробників, отримані з відкритих інформаційних джерел [7 - 9], наведено в табл.1.

*Таблиця 1* – **Основні порівняльні характеристики сучасних магістральних вантажних тепловозів колії 1520 мм**

| Основні порівняльні характеристики | Магістральні вантажні тепловози колії 1520 мм | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2ТЭ116 ПАТ «Луганськ тепловоз» | 2M62UM Компанія CZLOKO (Чехія) | ER20 Компанія «Siemens» (Німеччіна) | ТЭ33АС GE Transportation (США) |
| Осева формула | 2х ($3_o$ - $3_o$) | 2х ($3_o$ - $3_o$) | $3_o$ - $3_o$ | $3_o$ - $3_o$ |
| Конструкційна швидкість, км/год | 100 | 100 | 120 | 120 |
| Вага секції, т | 138 | 138 | 138 | 138 |
| Осеве навантаження, т | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Номінальна потужність по дизелю, кВт | 2250 | 2200 | 1985 | 3355 |
| Тягове зусилля, кН | 496 | 432 | 450 | 534 |

Як видно з таблиці, за своїми характеристиками тепловози ТЭ33АС у порівнянні з 2ТЭ116 (двохсекційний тепловоз з електропередачею, тип 116 виробництва ПАТ «Луганськтепловоз») мають більшу потужність (у перерахунку на одну секцію), більшу конструкційну швидкість.

Основні новації їх конструкції в порівнянні з тепловозами, що будувались в часи колишнього СРСР, це електроніка управління, економічні асинхронні двигуни, підвищена безпека та комфорт для обслуговуючого персоналу.

У порівнянні з тепловозами ER20 компанії «Siemens» (Німеччина) та CZLOKO (Чехія) тепловози ТЭ33АС мають більшу потужність та тягове зусилля.

Слід також зазначити, що тепловози ТЭ33АС мають позитивний досвід експлуатації в країнах Азії (Казахстан, Туркменістан, Киргистан).

З урахуванням викладеного, є підстави вважати, що магістральні вантажні тепловози ТЭ33АС виробництва GE Transportation є тяговим рухомим складом сучасного рівня, який на даний відповідає вимогам залізниць України.

**Попередні результати науково-експериментальних досліджень характеристик зразка тепловоза ТЭ33АС виробництва GE Transportation**

Згідно з договором, укладеним між Органом з сертифікації продукції вагонобудування ДП «УкрНДІВ» (ОС ПВ ДП «УкрНДІВ») та ТОВ «GE Україна», у липні 2018 р. випробувальним центром ДП «УкрНДІВ» (ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» ) були проведені науково-експериментальні дослідження частини характеристик тепловоза ТЭ33АС у рамках першого етапу сертифікаційних випробувань зразка тепловоза ТЭ33АС виробництва компанії GE Transportation на відповідність його ергономічних характеристик, показників безпеки, характеристик освітленості в кабіні машиніста вимогам погоджених з ПАТ «Українська залізниця» технічних умов КЛКЗ.000.00.00.00.00-02 ТУ «Тепловоз серии ТЭ33АС. Технические условия» [10] .

Сертифікаційні випробування проводяться у відповідності до положень розробленої у 2018 р. методики М С 4.1.00263 «Тепловоз серии ТЭ33АС производства компании General Electric Transportation. Методика сертификационных испытаний по определению возможности вписывания в габарит и криве малого радіуса, эргономических характеристик, показателей безопасности, характеристик освещенности от внешних и внутренних источников» [11], а також у відповідності до положень раніше розроблених типових методик [12, 13].

Попередні результати науково-експериментальних досліджень характеристик тепловоза ТЭ33АС показали наступне:

- всі ергономічні (розмірні) характеристики кабіни машиніста та її обладнання відповідають вимогам ТУ [10];
- зони розміщення в кабіні машиніста органів управління та засобів відображення інформації відповідають вимогам ТУ [10];
- розміри проходів в машинному відділенні, ширина тамбура відповідають вимогам ТУ [10];
- всі показники безпеки конструкції тепловоза, що стосуються наявності та розмірів аварійних виходів, наявності склоочищувачів, підігріву лобового скла, сонцезахисних екранів, колієочищувача, автоматичної системи подачі піску, системи штучного освітлення, елементів санітарно-епідеміологічного забезпечення, візуальної сигналізації про стан гальмівної системи, іншого обладнання, відповідають вимогам ТУ [10];
- освітленість на поверхні елементів обладнання кабіни машиніста при робочому та аварійному освітленні повністю відповідає вимогам ТУ [10].

Після закінчення всього комплексу сертифікаційних випробувань, передбачених [11], буде отримана повна інформація щодо фактичних значень характеристик тепловоза ТЭ33АС.

**Висновки**

1. Катастрофічна на даний час ситуація з парком вантажних локомотивів ПАТ «Українська залізниця», його майже 100% зношеність, відсутність на території України, підконтрольної уряду, підприємств, які мають багаторічний досвід у будівництві вантажних тепловозів, гостра потреба у магістральних вантажних тепловозах, особливо на Донецької та Львівської залізницях, а також на прикордонних з Польщею та Білоруссю дільницях, змушують шукати шляхи швидкого оновлення тягового рухомого складу за рахунок придбання нових сучасних його зразків.

2. Тепловози, що будуть поставлятися в Україну компанією GE Transportation, це односекційні магістральні вантажні локомотиви ТЭ33АС серії Evolution, які мають суттєві переваги у порівнянні не тільки з магістральними тепловозами, які будував ПАТ «Луганськтепловоз» але і з тепловозами відомих європейських фірм, та на даний час успішно експлуатуються у багатьох країнах, і тому є тяговим рухомим складом сучасного рівня.

3. Попередні результати науково-експериментальних досліджень характеристик зразка тепловоза ТЭ33АС свідчать про те, що зазначені тепловози за його ергономічними характеристиками, показниками безпеки, характеристиками освітленості в кабіні машиніста повністю відповідають технічним умовам GE Transportation, погодженими з ПАТ «Українська залізниця». Після закінчення науково-експериментальних досліджень буде отримана повна інформація щодо фактичних значень інших характеристик зазначених тепловозів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тепловозы на миллиард: зачем Украъна покупает американские локомотивы [електронний ресурс] – Режим доступу: https:// newsone.ua, 26/02/2018.
2. В УЗ пояснили почему начинают обновлять парк тепловозов и почему выбрали General Electric [електронний ресурс] – Режим доступу: https:// cfts.org.ua, 01/03/2018.
3. Капля в море. Как Украина неуклюже дотирует производство тепловозов в США [електронний ресурс] – Режим доступу: https:// ukraina.ru , 12/09/2018.
4. В УЗ сообщили, сколько магистральных грузовых тепловозов есть у компании [електронний ресурс] – Режим доступу: https:// cfts.org.ua, 24/02/2018.
5. В «Укрзализныце» пожаловались на нехватку локомотивов [електронний ресурс] – Режим доступу: https:// delo.ua , 24/02/2018.
6. Что дадут Украине американские тепловозы [електронний ресурс] – Режим доступу: https:// biz.censor.net.ua , 15/01/2018.
7. 2ТЭ116 - технические характеристики scado [електронний ресурс] – Режим доступу: scado.narod.ru/
8. (2007) тепловоз ER20 - Локомотивы и МВПС - Литва – Каталог [електронний ресурс] – Режим доступу: worldoftrains.ucoz.ru/publ**.**
9. Каталог компанії CZLOKO (Чехія).
10. КЛКЗ.000.00.00.00.00-02 ТУ «Тепловоз серии ТЭ33АС. Технические условия», 2017 – 51 с..
11. М С 4.1.00263-2018 «Тепловоз серии ТЭ33АС производства компании General Electric Transportation. Методика сертификационных испытаний по определению возможности вписывания в габарит и криве малого радіуса, эргономических характеристик, показателей безопасности, характеристик освещенности от внешних и внутренних источников»-Кременчук, 2018. - 39 с.
12. ТМ 4.2.00599-2013 «Локомотиви залізничні, трамвайні, вагони пасажирські та інші рейкові транспортні засоби локомотивної тяги, вагони самохідні. Типова методика випробувань з визначення розмірних (ергономічних) характеристик та показників безпеки елементів внутрішнього немеханічного обладнання»-Кременчук, 2013 – 94 с .
13. ТМ 4.2.00600-2013 «Локомотиви залізничні, трамвайні, вагони пасажирські та інші рейкові транспортні засоби локомотивної тяги, вагони самохідні. Типова методика випробувань з визначення характеристик освітлення»-Кременчук, 2013 – 19 с.

*УДК 629.463.66:001.891*

***В.В. Ільчишин, А.М. Стринжа, В.А. Худієнко, Д.В. Федосов-Ніконов, В.М. Полулях (ДП «УкрНДІВ»), С.В. Долінський (ПрАТ «Дніпровагонмаш»)***

# ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ІННОВАЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ БУНКЕРНОГО ВАГОНА

***У статті розглянуто питання щодо теоретичного та експериментального дослідження міцності елементів конструкції вагона-хопера критого для зерна та інших харчових вантажів моделі 19-4152. Виконано аналіз розрахунків елементів рами, з використанням обчислювального комплексу, що реалізує метод скінчених елементів (МСЕ) та результатів експериментальних досліджень.***

**Ключові слова:** вагон-хопер, міцність елементів, розрахункові та експериментальні напруження.

**Постановка проблеми**

Шворневий вузол є одними із найбільш навантажених вузлів вантажних вагонів, що експлуатуються на мережі колій Укрзалізниці. Питання покращення умов навантаження та зниження напружень у шворневому вузлі, а також продовження терміну його безпечної експлуатації знаходяться під постійною увагою виробників, експлуатаційників та вчених.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Проблеми міцності рухомого складу розглядалися в роботах В.А. Лазаряна [1, 2], Є.П. Блохіна [3], М.Б. Кельріха [4], С.В. Мямліна [5, 6], В.Д. Дановича [7], С.И. Соколова [8] та інших видатних вчених.

На даний час проблема міцності конструкцій бункерних вагонів неодноразово розглядалася як в Україні, так і в країнах СНД. Роботи щодо дослідження міцності конструкції бункерних вагонів проводилися в Білоруському державному університеті транспорту (БелДУТ), Державному підприємстві «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»), Петербурзькому державному університеті шляхів сполучення (ПДУШС) та інших науково-дослідних закладах. У останніх публікаціях, присвячених бункерним вагонам, розглянуті питання щодо міцності елементів конструкцій вагонів-хоперів. У статті Макєєва С.В. [9] розглянуте питання розрахунків на міцність основних несучих елементів, стійок, обшиви та інших елементів. Стаття Рахімова Р.В. [10] присвячена питанню дослідження елементів кузова на міцність, виявленню найбільш напружених зон та елементів.

***© Ільчишин В.В., Стринжа А.М., Худієнко В.А., Федосов-Ніконов Д.В., Полулях В.М. (ДП «УкрНДІВ»), Долінський С.В. (ПрАТ «Дніпровагонмаш»)***

Дані публікації вказують, що останні дослідження спрямовані на підвищення міцності та надійності, покращенню технічних та експлуатаційних характеристик вагонів-хоперів.

Однак і сьогодні, при експлуатації нових моделей вагонів-хоперів різного конструктивного виконання, виникає багато запитань щодо їх міцнісних показників.

**Мета статті**

Вагони - хопери мають суттєві відмінні риси від вантажних вагонів інших типів - наявність розвантажувальних бункерів та похилих торцевих стін кузова. Зазначені відмінності багато в чому визначають міцносні якості бункерних вагонів. В експлуатації ці вагони отримують різні види ушкоджень, основні з яких обумовлені впливом ударних навантажень при розпуску вагонів з гірок. При проведенні експериментальних досліджень вагона-хопера, згідно [11], були виявлені зони перевищення допустимих напружень в елементах конструкції шворневого вузла [12-14]. Для зниження напружено-деформованого стану елементів конструкції шворневого вузла потрібно застосування теоретичного та експериментального методів. Один з таких методів дослідження із застосуванням математичної моделі наружено-деформованого стану, що адекватно відображує конструкцію та навантаження, що діють на неї, приведено у статті. Тому дослідження, спрямовані на підвищення міцності і надійності бункерних вагонів є актуальними.

**Викладення основного матеріалу**

З метою задоволення потреб перевізників, розширення номенклатури продукції, зниження собівартості перевезень та збереження вантажу, що перевозиться, багато вагонобудівних заводів України, Росії та інших країн СНД розробили й поставили на виробництво багато моделей вагонів-хоперів різного конструктивного виконання з покращеними показниками. Однак при проведенні випробувань нової продукції виникають проблеми з міцністю елементів конструкції.

У статті наведено результати досліджень напружено-деформованого стану несучої конструкції вагона-хопера критого для зерна та інших харчових вантажів моделі 19-4152 (основні технічні характеристики наведені в табл. 1) при статичних випробуваннях від дії вертикальних навантажень та випробувань на міцність при співударі нормативними навантаженнями [12-14].

*Таблиця 1* - **Основні технічні характеристики вагона-хопера критого для зерна та інших харчових вантажів моделі 19-4152**

| Найменування параметру | Значення параметру |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Вантажопідйомність, т, не більше | 71,5 |
| Маса тари, т:<br>- max<br>- min | <br>22,5<br>21,8 |
| Об’єм кузова, м$^3$, не менше | 133 |
| Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс) | 230,5 (23,5) |
| Питома матеріаломісткість (відношення маси тари до вантажопідйомності) | 0,315 |

*Кінець таблиці 1*

| 1 | 2 |
|---|---|
| Довжина вагона по осях зчеплення автозчепів, мм | 14720±20 |
| Висота від рівня головок рейок до вісі автозчепу у порожньому стані вагона, мм | 1060±20 |
| Кількість люків, шт.:<br>- завантажувальних<br>- розвантажувальних | <br>4 або 5<br>6 |
| Розміри люків, мм:<br>- завантажувального<br>- розвантажувального | <br>1625x595<br>1100x325 |
| Кут нахилу до горизонтальної площини, град:<br>- торцевих стін кузова<br>- стін бункерів | <br>40<br>42; 55 |
| Конструкційна швидкість, км/год, не більше | 120 |

На рисунку 1 наведена схема шворневого вузла вагона-хопера, який був наданий для проведення випробувань. Під час проведення випробувань на співудар та статичних випробувань від дії вертикальних навантажень було встановлено перевищення нормативних напружень в елементах шворневої балки. Аналіз отриманих напружень свідчить, що причиною цього є низька міцність елементів конструкції, зумовлена конструктивними особливостями вагонів-хоперів.

При допустимому значенні 390 МПа на нижньому листі шворневого вузла, у місці з'єднання з хребтовою балкою, отримані значення 623 МПа та 406 МПа, що є перевищенням допустимих нормативних значень [12-14]. Виникла необхідність удосконалення та підсилення конструкції з метою перерозподілу напружень у шворневому вузлі.

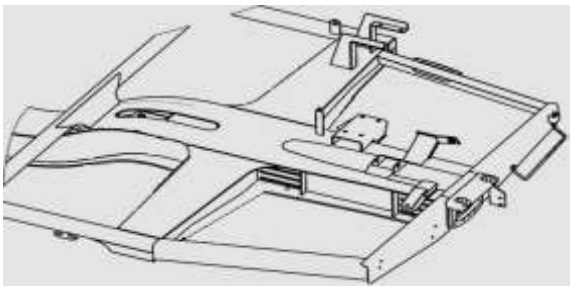

*Рис. 1.* - **Схема шворневого вузла вагона-хопера моделі 19-4152**

Крім того, в шкворневій балці вагона за I розрахунковим режимом під час проведення експлуатаційних випробувань отримані напруження 346 МПа, за III розрахунковим режимом - 226 МПа, при допустимих для сталі класу міцності 390 відпо-

відно 351 МПа та 240 МПа. Отримані напруження складають 98,6% та 94,2% відповідно від допустимих нормативних значень показників.

На підставі результатів експериментальних досліджень проведено коригування розрахункової схеми та зроблені висновки про можливі варіанти перерозподілу напружень в зоні шворневого вузла.

Після коригування розрахункової схеми проведені повторні розрахунки шворневого вузла на міцність. Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення за I режимом наведено на рисунках 2-3.

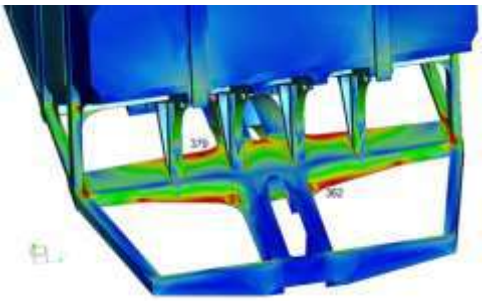

*Рис. 2* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення за I режимом (вид зверху), МПа.**

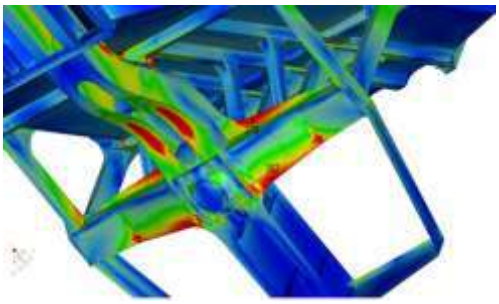

*Рис. 3* - **Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення за I режимом (вид знизу), МПа.**

Збіжність результатів розрахунку і експериментальних досліджень за I режимом склала 96%.

Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення за III режимом наведено на рисунках 4-5.

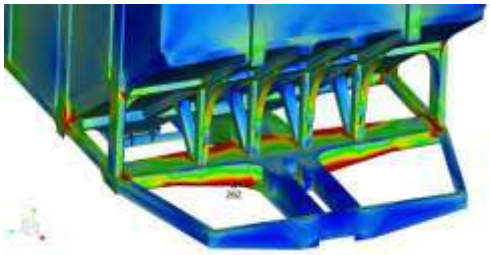

*Рис. 4* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення за III режимом (вид зверху), МПа.**

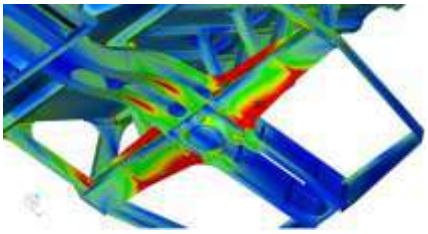

*Рис. 5* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення за III режимом (вид знизу), МПа**.

Збіжність результатів розрахунку і експериментальних досліджень за III режимом склала 86%.

Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення у режимі співудару наведено на рисунках 6-7.

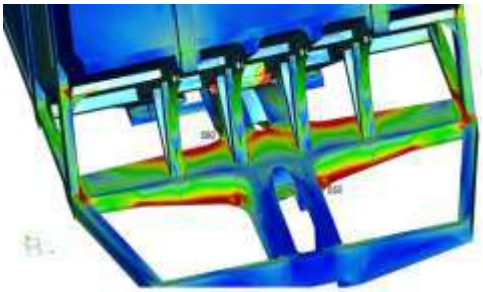

*Рис.* 6 – **Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення у режимі співудару (вид зверху), МПа.**

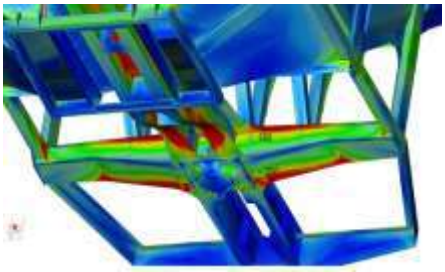

*Рис. 7* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла до підсилення у режимі співудару (вид знизу), МПа.**

Збіжність результатів розрахунку і експериментальних досліджень у режимі співудару склала 93%.

Результатами повторних розрахунків фактично співпали з результатами експериментальних досліджень, що свідчить про достовірність розрахункової схеми.

Після отримання позитивних результатів розрахунків з результатами експериментальних досліджень було виконане доопрацювання конструкції шворневого вузла з метою його підсилення. Для зменшення напружень, отриманих в ході випробувань вагона, в верхньому і нижньому листах шворневої балки було виконано армування крайок даних листів. Армування виконано листом товщиною 16 мм зі сталі класу міцності 390 МПа. Схема розташування армування крайок наведена на рисунку 8.

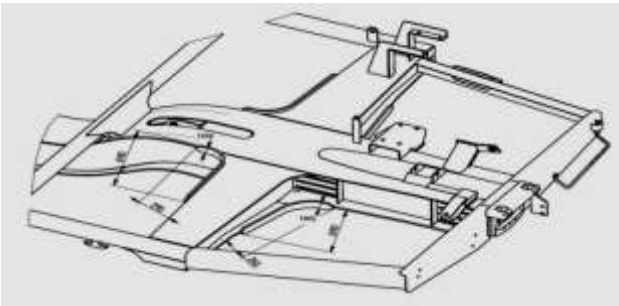

*Рис. 8* - **Схема виконання армування листів шворневої балки вагона-хопера моделі 19-4152**

Розрахунок на міцність підсиленого вузла показав суттєві зниження напружень в елементах конструкції шворневого вузла:

- за I режимом – до 268 МПа (рисунок 9-10);
- за III режимом - до 220 МПа (рисунок 11-12);
- у режимі співудару – до 322 МПа (рисунок 13-14).

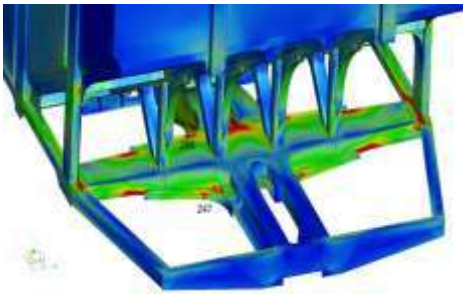

*Рис. 9* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла після підсилення за І режимом (вид зверху), МПа.**

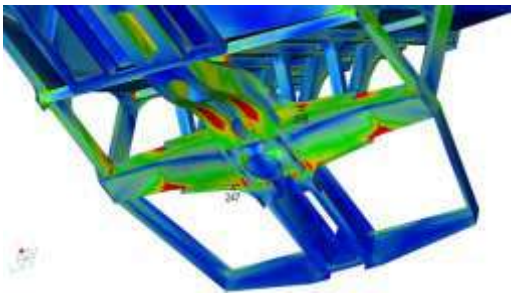

*Рис. 10* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла після підсилення за І режимом (вид знизу), МПа.**

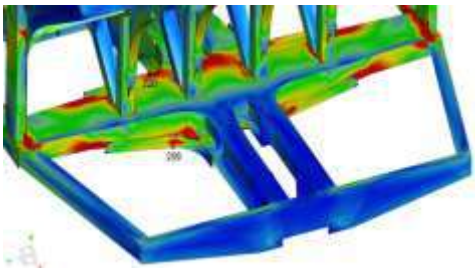

*Рис. 11* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла після підсилення за ІІІ режимом (вид зверху), МПа**

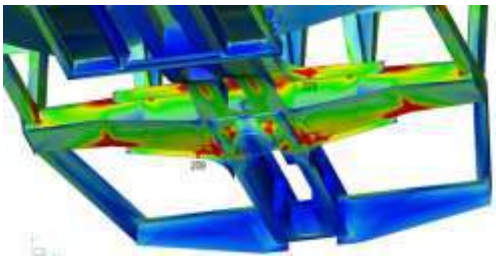

*Рис. 12* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла після підсилення за ІІІ режимом (вид знизу), МПа.**

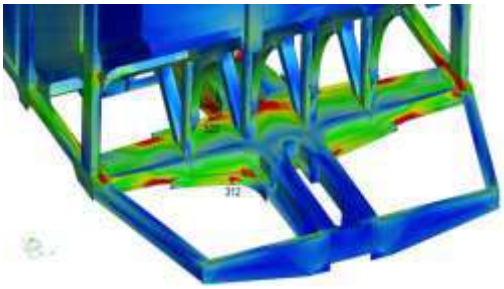

*Рис. 13* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла після підсилення у режимі співудару (вид зверху), МПа**.

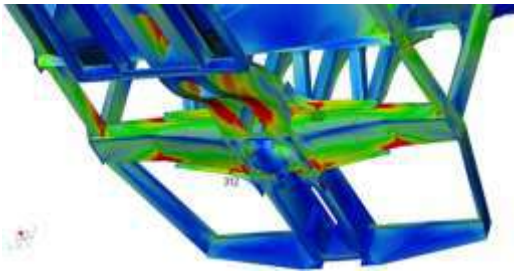

*Рис. 14* – **Напружено-деформований стан шворневого вузла після підсилення у режимі співудару (вид знизу), МПа.**

Після підсилення шворневого вузла проведені додаткові експериментальні дослідження. Аналіз результатів показав, що максимальні сумарні напруження від статичних випробувань на міцність та на співудар в зоні підсилення склали 369 МПа та 384 МПа. Збіжність результатів теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень склала 84% – 87%, що є задовільним результатом та підтверджує адекватність розрахункової схеми та достовірність можливих результатів розрахунків по іншим елементам конструкції вагона-хопера.

Експериментальні дослідження виконані тензометричним методом, причому особлива увага приділялася вимірюванню деформацій в шворневому вузлі, як найбільш навантаженому.

Обробка даних статичних випробувань на міцність виконувалася з використанням автоматизованих комплексів обробки дослідних даних з використанням статистичних методів.

Вимірювана величина при статичних випробуваннях визначалася за різницею показань засобів вимірювальної техніки до навантаження і після нього:

$$\sigma = (\Delta - \Delta_0) \cdot \mathrm{K} \ , \qquad (1)$$

де $\Delta$ - показання засобів вимірювальної техніки в завантаженому стані об'єкта випробувань;

$\Delta_0$ - показання засобів вимірювальної техніки в порожньому стані об'єкта випробувань;

$\mathrm{K}$ - калібрувальний коефіцієнт засобів вимірювальної техніки, визначений за формулою (2):

$$\mathrm{K} = \frac{R_д}{R_ш \cdot A_ш} \ , \qquad (2)$$

де $R_д$ – опір тензорезистора, Ом;

$R_ш$ – опір калібрувального шунта, Ом;

*Аш* – амплітуда (відхилення) процесу, яка виміряна при калібруванні, В.

Напруження σ, МПа, в елементах конструкції у місцях встановлення тензорезисторів визначені за формулою (3) для одиночних тензорезисторів:

$$\sigma = a \cdot \frac{R_д}{R_ш \cdot A_ш} \cdot \frac{E}{K_m} \ , \qquad (3)$$

де *a* – амплітуда (відхилення) процесу, В;

$R_д$ – опір тензорезистора, Ом;

$R_ш$ – опір калібрувального шунта, Ом;

*Аш* – амплітуда (відхилення) процесу, виміряна при калібруванні, В;

*E* – модуль пружності матеріалу досліджуваної деталі, МПа;

*Кт* – коефіцієнт чутності тензорезистора.

Отримані в результаті обробки даних напруження від статичного навантаження брутто використовувалися для оцінки міцності конструкції вагона у режимі співудару.

Оцінка міцності конструкції за результатами випробувань на співудар виконувалася за формулою (4):

$$(\sigma_{верт.} + \sigma_{уд.}) \le \sigma_m \ , \qquad (4)$$

де $\sigma_{верт.}$ – напруження від дії вертикального навантаження брутто, МПа;

$\sigma_{уд.}$ – напруження від дії удару зусиллям 3,5 МН;

$\sigma_{т.}$ – межа текучості матеріалу, МН.

**Висновок**

На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень встановлено:

- для підвищення міцності і надійності несучих вузлів і деталей бункерних вагонів, що працюють в умовах тривалого й інтенсивного впливу динамічних навантажень, потрібно використовувати матеріали підвищеного класу міцності від 390 і вище;

- необхідно розробляти і застосовувати принципово нові конструктивні форми найбільш напружених вузлів з метою перерозподілу та зниження навантажень.

Незважаючи на проведену модернізацію та виконане підсилення шворневого вузла вагона-хопера моделі 19-4152, максимальні напруження в цьому вузлі складають 98,5% від допустимого нормативного значення. Зазначене свідчить, що шворневий вузол залишається одним з найбільш напружених елементів вагона та потребує детального вивчення при виконанні подальших досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА


1. Лазарян В.А. Динамика транспортных средств: Избранные труды. К.: Наукова думка, 1985. - 528 с.
2. Лазарян В.А. Исследование неустановившихся режимов движения поездов. -М.: Трансжелдориздат. 1949. - 135 с.
3. Блохин, Е.П. Расчет грузовых вагонов на прочность при ударах / Е.П. Блохин, И.Г. Барбас, Л.А. Манашкин, О.М. Савчук; под ред. Е.П. Блохина М.:Транспорт, 1988. - 380 с.
4. Федосов-Ніконов Д.В., Кельріх М.Б. «Дослідження на міцність конструкції довгобазної платформи» Автори: Публікація: науковий журнал «Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля., №1-2016, с. 90-94
5. Мямлин С.В. Программа моделирования пространственных колебаний подвижного состава / С.В. Мямлин // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 3. – С. 52 – 54.
6. Мямлин С.В. Методика моделирования пространственных колебаний железнодорожного экипажа / С.В. Мямлин // Залізничний транспорт України. – 2001. – № 2. – С. 2 – 5.
7. Данович В.Д. Пространственные колебания грузового вагона при движении по пути с детерменированными и случайными неровностями / В.Д. Данович, Р.С. Липовский, Р.Б. Грановский // Механика и транспорта [ред. В.А. Лазаряна]. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 37 – 41.
8. Исследование динамики и прочности вагонов / под ред. С.И. Соколова. М.: Машиностроение, 1976. - 224 с.
9. Макеев С.В. «Расчет на прочность вагона-хоппера модели 19-923 для минеральных удобрений», Журнал «Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки». Издательство: Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта"(БелГУТ, Гомель) ISSN: 2227-1104 2009 г. - С. 71-78.
10. Рахимов Р. В. Исследования напряженно-деформированного состояния кузова вагона-хоппера для перевозки цемента // Молодой ученый. — 2015. — №13. — С. 178-182.
11. РД 24.050.37-95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. ГосНИИВ, Москва, 1995 г.. - 101 с.
12. ДСТУ 7598:2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)». - 162 с.
13. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, М., 1996 г., с изменениями и дополнениями (01.02.2000 г. и 01.03.2002 г.). - 40 с.
14. Справочник по сопротивлению материалов Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев, Киев, Наукова думка, 1988 г. - 736 с.

*УДК 629.4*

***І.В. Гладких, А.О. Сулим***

# ІННОВАЦІЇ ВІД INNOTRANS 2018. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

***У статті розглянуто останні світові досягнення і технології в галузі залізничного рухомого складу, які було представлено компаніями – виробниками на виставці залізничної техніки InnoTrans 2018.***

**Вступ.** З моменту першого проведення в 1996 році і до наших днів виставка InnoTrans є провідним міжнародним оглядом рейкового залізничного транспорту, а також електробусів. Виставка націлена на фахівців галузі.

Унікальна концепція InnoTrans, що включає експозицію під відкритим небом, спеціалізовану виставку в павільйонах і велику програму конференцій InnoTrans Convention, стала визначальним фактором успіху цього провідного галузевого форуму.

Так, InnoTrans 2012 стала місцем збору 2515 учасників з 49 країн, InnoTrans 2014 зібрала 2758 учасників з 55 країн (частка іноземних учасників склала 61%), InnoTrans 2016 зібрала 2955 експонентів з 60 країн. При цьому учасники заповнили весь простір берлінського виставкового комплексу це 112000 м$^2$, а кількість учасників InnoTrans збільшилась на 7%. З них 200 брали участь вперше. Інтернаціоналізація експонентів досягла 62%. На відкритому майданчику і рейкових коліях виробники виставили 127 новітніх зразків залізничної техніки.

InnoTrans 2016 перетворила Берлін в місце зустрічі представників залізничної промисловості з усього світу. За підсумками чотирьох днів виставка змогла підвести кращий в своїй історії баланс - 144470 відвідувачів-фахівців з більш ніж 140 країн (+ 4%).

А вже виставка залізничного рухомого складу і залізничних технологій InnoTrans 2018 по праву вважається найбільшою в своєму роді. Нинішній форум відвідали понад 160 тис. гостей з 149 країн світу. При цьому кількість відвідувачів збільшилась на 10,7 % у порівнянні з попереднім форумом.

**Мета роботи** – аналітичний огляд останніх розробок виробників залізничного рухомого складу, технологічних інновацій для залізничної інфраструктури і управління рухомим складом. Аналіз результатів проведення даного великомасштабного заходу, розгляд перспективи співпраці з кращими залізничними концернами для взаємовигідного розвитку.

**Викладення основного матеріалу**. Виставка цього року - це 3062 експоненти з 61 країни, це близько півтори сотні представлених транспортних засобів та понад 400 продемонстрованих інновацій. Все це - в декількох павільйонах і на відкритих експозиціях на площі понад 200 тис. м$^2$. Від України в нинішній виставці брали участь 19 компаній виробників залізничної продукції [1].

***© Гладких І.В., Сулим А.О.,2018***

Консолідований стенд (рис. 1) Consolidated booth of Ukrainian producers at InnoTrans 2018 - UKRAINE: RAILWAY SUPPLY представив SPE Railwayautomatic LLC, RPE Corporation KRT Ltd, JSC «Scientific Industrial Enterprise» «Smela Electromechanikal Plant», PJSC Dnipropetrovsk Railway Switch Plant, Bilotserkivsky zavod «Tribo» Ltd і PK «Promalyans».

У різних розділах виставки відвідувачі форуму могли познайомитися з продукцією і перспективними новинками PJSC «HARP», PJSC «Kryukovsky Railway Car Building works», KZESO PJSC, OKO Group, JSC «Plant Ekvato», Pluton PrJSC, Rich GmbH, Scientific and Manufacturing Enterprise «Rist» LLC, LLC SPE Stalenergo, State Enterprise Plant Electrotyazhmash, LLC «Tatra-Yug», Research-and-production enterprise «Techvagonmash», KLW-WheelCo SA [2].

*Рис. 1* – **Ukrainian producers at InnoTrans 2018**

В роботі консолідованого українського стенду також взяли участь журнал «Залізнічне постачання» і учасники Міжнародного маркетингового проекту Railway EXPO 2019: МПП «АВІС», ТОВ «НВП «Хартрон-Експрес ЛТД», НПФ «Техвагонмаш», ТОВ «СПП «Квазар», ПП НПП «Завод техніки зв'язку і автоматики».

Компанія АТ «ДнСЗ» з радістю представила свою продукцію на виставці InnoTrans 2018. На стенді (рис.2) підприємства активно проводились зустрічі як з давніми замовниками, так і зав'язувалися контакти з новими [3].

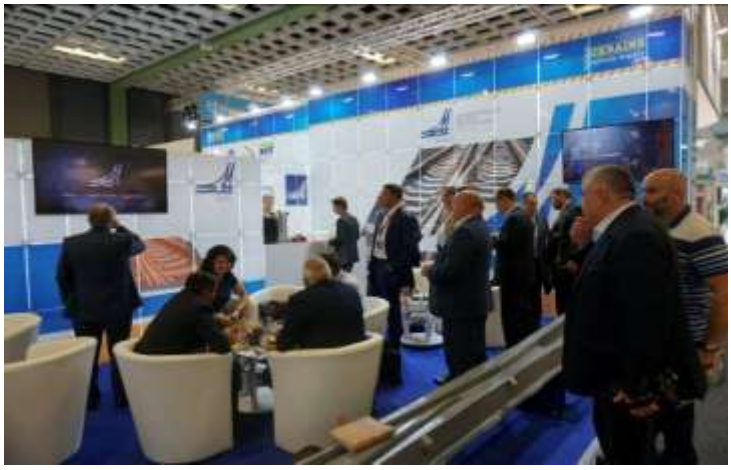

*Рис. 2* – **Стенд компанії АТ «ДнСЗ» на виставці InnoTrans 2018**

На виставці пройшов цілий ряд ділових зустрічей: закритий саміт керівників за участю профільних міністрів деяких країн, а також форуми, на яких обговорювалися питання дизайну, тунелів, громадського транспорту, електроавтобусів, інноваційний форум Deutsche Bahn AG.

На виставці можна було побачити практично все, що необхідно для виробництва і функціонування залізничної галузі. Навіть важко собі уявити, яка кількість підприємств задіяно.

Ще напередодні виставки, в Нижній Саксонії вперше в світі стартували регулярні пасажирські перевезення на водневих поїздах. Таким чином запуском в комерційну експлуатацію поїздів Coradia iLint голосно заявила про свою присутність на InnoTrans французька Alstom (рис. 3). Новий рухомий склад з низьким рівнем шуму і нульовим рівнем викидів вуглекислого газу повинен з часом повністю витіснити на маршруті Куксхафен-Бремерхафен-Бремерферде-Букстехуде дизельні потяги. Контракт передбачає поставку до Німеччини 14 одиниць Coradia iLint.

*Рис.3* – **Поїзд Coradia iLint від компанії Alstom**

Вже безпосередньо на виставці компанії Stadler і Havelländische Eisenbahn (HVLE) представили новий шестивісний локомотив (рис. 4), що мінімізує вплив на навколишнє середовище завдяки зниженому рівню викидів вихлопних газів, а також за рахунок того, що при виробництві використовується до 98 % компонентів з матеріалів повторної переробки. Основною особливістю локомотива EURODUAL є те, що він може працювати в двох режимах: в дизельному і електричному (на мережах, електрифікованих змінним струмом 15кВ та 25 кВ). У першому випадку потужність складає до 2800 кВт, у другому - 7000 кВт. Таким чином, машина може використовуватися на електрифікованих і не електрифікованих ділянках, що дозволить забезпечити більшу гнучкість в плануванні маршрутів перевезень.

*Рис.4* – **Експонат компаній Stadler і Havelländische Eisenbahn (HVLE)**

Вже згадана компанія Alstom показала маневровий локомотив Prima H4, який також позиціонується як «eco-friendly». Чотиривісний локомотив може працювати, використовуючи кілька опцій електроживлення: дворежимну (контактна мережа і дизельний двигун), дворежимну (мережа і електрична батарея), гібридну (батарея і дизельний двигун). Машина може розвивати швидкість до 120 км/год. Це, за заявою виробника, дозволяє гібридному локомотиву легко інтегруватися в рух на магістральних залізницях.

У німецькій компанії Vossloh в обоймі також є чотиривісний дизель-електричний локомотив (рис. 5), що розвиває швидкість 120 км/год. З номінальною потужністю 1800 кВт - це найпотужніша машина в модельному ряді виробника.

*Рис.5* – **Чотиривісний дизель-електричний локомотив компанії Vossloh**

Китайська CRRC представила гібридний маневровий локомотив Hybrid AC (рис.6), адаптований для Deutsche Bahn. Локомотив оснащений дизель-генераторною установкою і літій-тітанатною батареєю, термін служби якої в 10 разів перевищує термін експлуатації нікель-кадмієвих батарей.

*Рис.6* – **Гібридний маневровий локомотив Hybrid** AC

Перейнялися питаннями економії палива і скорочення викидів і в Туреччині. Компанії ASELSAN і TULOMSAS модернізували для державної турецької залізничної компанії TCDD Taşimacilik маневровий локомотив, представивши гібридний HSL 700 (рис. 7). Останній оснастили літій-іонною батареєю з примусовою системою рідинного охолодження. На оновлений локомотив також встановили дизель меншого розміру, для економії палива і зниження викидів $CO^2$.

*Рис.7* – **Гібридний локомотив HSL 700 від компаній ASELSAN і TULOMSAS**

Вже вдруге поспіль на InnoTrans, крім залізничного транспорту, організатори відводять місце і для автобусів. У 2018-му їх виробники підтримали один з основних трендів - експозиція складалася лише з електробусів. Звертало на себе увагу досить сильне представництво на автобусному стенді наших найближчих західних сусідів поляків. Так, компанія Solaris показала електробуси Urbino12, Voith, Trollino 12. Показ останньої моделі був прем'єрним в рамках виставки (рис. 8).

*Рис.8* – **Електробус компанії Solaris**

Однак, з усього ряду електробусів найбільш візуально виділявся Aptis від компанії Alstom (рис.9). Незвичайні електробуси з весни цього року вже експлуатуються в тестовому режимі. Серед основних особливостей - керовані колеса, які розташовані максимально близько до переднього і заднього габариту автобуса. Вони дозволяють простіше під'їжджати до зупинок, використовуючи для цього менше місця на дорозі. У 12-метровий електробус поміщається 100 пасажирів. Посадочні місця можуть легко змінювати конфігурацію і обладнані точками для зарядки електронних девайсів пасажирів.

*Рис.9* – **Електробус від компанії Alstom**

Цікаво, що електричними батареями в Європі починають обладнати навіть маршрутні мікроавтобуси. Так, австрійська компанія K-Bus, що займається модернізацією і тюнінгом автобусів, чиї виробничі потужності знаходяться в Словенії, привезла до Берліну електробус (рис.10), переобладнаний з мікроавтобуса Nissan. Компанія пропонує з низькою підлогою електричні «маршрутки», що вміщують 34 і 45 пасажирів.

*Рис. 10* – **Електробус від компанії Nissan**

Однак повернемося до залізничного транспорту - звернемо увагу на пасажирські поїзди. Як вже було сказано вище, в значній мірі, європейські виробники орієнтуються на інтереси пасажирів. «Ми можемо робити наші поїзди швидшими або технічно досконалими, але операторам зараз цікава продукція, яка задовольняє потреби пасажирів», - говорить топ-менеджер одного з залізничних гігантів. Тому, за його словами, компаніям-виробникам доводиться більше приділяти уваги таким питанням, як подорожі пасажирів з дітьми, транспортування велосипедів, мультимедійні розваги, комфортні місця для пасажирів. А міністр інфраструктури Італії зазначив ще й те, що поїзди повинні органічно вписуватися в ландшафт міст, маючи на увазі історичну забудову в Європі. Про це політик говорив на презентації поїздів Rock і Pop (рис. 11 – 13) для італійського залізничного оператора Trenitalia.

*Рис. 11* – **Pop - одноповерховий регіональний поїзд від Alstom**

Rock - регіональний поїзд підвищеної місткості (близько 1,4 тис. пасажирів), спроектований і побудований Hitachi Rail. Може складатися з 4-6 двоповерхових вагонів і розвивати швидкість до 160 км/год.

*Рис.12* – **Rock - регіональний поїзд підвищеної місткості від Hitachi Rail**

Pop - одноповерховий регіональний поїзд середньої місткості (близько 530 пасажирів) від Alstom. Може складатися з 3-4 одноповерхових вагонів і також розвивати швидкість до 160 км/год. Показово, що італійці і французи домовилися про створення нового поїзда на виставці InnoTrans 2016, і ось, за два роки, він був побудований і представлений публіці, а весною 2019 вийде на маршрути залізниць Італії.

*Рис. 13* – **Pop - одноповерховий регіональний поїзд від Alstom**.

Швейцарський Stadler, серед інших новинок, показав поїзд Mälartåg (рис.14), який буде поставлятися в Швецію. Особливістю даного рухомого складу є адаптація для роботи в північних кліматичних умовах. Поїзд призначений для роботи при температурі - 40°С і товщині снігового покриву до 0,8 м. Потяги будуть працювати на чотирьох маршрутах і будуть обладнуватися великими снігоочищувачами, а також системами підлогового і настінного опалення, спеціально адаптованою теплоізоляцією. Поїзд довжиною 105 м вміщує 333 пасажирських місця. Сидіння регулюються, усі місця обладнані розетками, є Wi-Fi.

*Рис.14* – **Поїзд Mälartåg від швейцарського виробника Stadler**

Ще один експонат від Stadler - електропоїзд TRAVERSO для швейцарського Voralpen-Express (рис.15). Крім комфортабельних пасажирських місць, звертають на себе увагу великі панорамні вікна, які дозволять туристам милуватися на мальовничі краєвиди на вигляд на туристичному маршруті між Люцерном і Санкт-Галлені.

*Рис. 15* – **Електропоїзд TRAVERSO від Stadler**

Консорціум у складі компаній Stadler і Siemens представив на виставці поїзд нового покоління для S-Bahn - міської електрички Берліна. Важлива деталь, на яку звертають увагу розробники, це те, що вагони берлінської міської електрички тепер будуть повністю обладнані кондиціонерами. Також тут є місця для велосипедів і для інвалідних колясок. Siemens, крім того, показав варіацію свого поїзда для австрійської ÖBB - Desiro ML Cityjet з приставкою «еко» (рис. 16). Desiro ML Cityjet eco обладнали електричною батареєю для роботи на неелектрифікованих ділянках колій. За задумом, такі поїзди повинні витіснити з часом з маршрутів дизельні. Поки це прототип, але в другій половині 2019 року його і його «побратими» будуть введені в комерційну експлуатацію.

*Рис.16* – **Поїзд Cityjet eco від Siemens**

Ще одна новинка для ÖBB - шестивагонний електропоїзд Cityjet TALENT3 від Bombardier (рис. 17). На 300 пасажирських місць тут припадає 53 місця для велосипедів, а також місця для дитячих колясок і багажу. Частини інтер'єру в поїзді є модульними і можуть бути замінені. Така опція може бути використана, наприклад, для адаптації рухомого складу під перевезення велосипедистів або лижників.

*Рис. 17* – **Електропоїзд Cityjet TALENT3 від Bombardier**

Говорячи про інновації, варто згадати і карбоновий поїзд метро від CRRC (рис.18). Китайці розробляли його спільно з німецькими вченими з Дрездена. Кузов Cetrovo виконаний з карбонового волокна, що дозволить економити електроенергію, завдяки меншій вазі складу. Ще однією примітною рисою є те, що вікна поїзда зсередини мають функцію тачскрін і можуть використовуватися як величезні планшети, де пасажири можуть отримувати додаткову інформацію під час руху поїзда. Такі вікна-екрани також можуть використовуватися для виведення на них інформації про рух поїзда, станціях метро і т.д.

*Рис. 18* – **Карбоновий поїзд метро від CRRC**

Виставка InnoTrans 2018 стала не тільки і не стільки місцем демонстрації технологій, але і укладення угод про співпрацю між багатьма компаніями.

*Рис 19* – **Експонати на виставці InnoTrans 2018**

Так, Крюківський вагонзавод провів переговори про співпрацю з Alstom, GE і Bombardier. «Укрзалізниця» підписала меморандуми з Alstom і CRRC про можливість поставки електровозів Стенд Крюківського вагонобудівного заводу зображено на рис. 20.

*Рис. 20* – **Стенд Крюківського вагонобудівного заводу**

GE Transportation уклала з Казахстанські залізниці (КТЖ) контракт на поставку 300 маневрових локомотивів. Siemens Mobility і Deutsche Bahn планують співпрацю при реалізації нових ідей у сфері залізничних перевезень пасажирів, про що також було підписано відповідну угоду. Було підписано «Заява про наміри щодо китайсько-німецької кооперації в сфері міського рейкового транспорту» між Китайською асоціацією метро і німецькими залізничними промисловцями, а значить можна виділити і ще один тренд - посилення співпраці Піднебесної і ЄС в залізничній галузі **[4].**

**Висновок**

Ключовими трендами InnoTrans 2018 стали: прагнення виробників зробити транспорт більш екологічним і енергоефективним, орієнтація на інтереси пасажирів, оцифровування процесу залізничних перевезень. 149 світових прем'єр - вражаюче свідоцтво інноваційного потенціалу залізничної промисловості та підтвердження ролі галузевої виставки в якості маркетингової платформи і драйвера для інновацій.

Аналіз результатів проведення виставки InnoTrans 2018 дозволив встановити, що участь у цьому заході це не тільки ознайомлення з інноваціями у галузі залізничного транспорту, а й значні перспективи співпраці з кращими залізничними концернами для взаємовигідного партнерства. Цей захід дозволяє об’єднувати та реалізовувати нові ідеї різних міжнародних концернів, про що свідчить підписання чисельних угод, намірів та контрактів.

Тому, розуміючи важливість ознайомлення з ідеями, концепціями та новими підходами щодо розвитку залізничної інфраструктури і рухомого складу, необхідно знаходити можливість активної участі вітчизняних фахівців, в тому числі нашого підприємства, у такому заході світового рівня.

Збільшення кількості українських експонентів та учасників в цілому дозволить підвищити конкурентоздатність вітчизняної залізничної продукції, що в цілому сприятиме покращенню іміджу нашої держави.

## ЛІТЕРАТУРА

1. InnoTrans 2018. – [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://rws.in.ua/innotrans-2018
2. InnoTrans 2018 і українські учасники виставки. - [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://www.berlin-visual.com/ru/InnoTrans-2018
3. Виставка InnoTrans 2018 – [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://www.dsz.dp.ua/ua/news/vystavka-innotrans-2018
4. Эхо InnoTrans 2018: Что показали на крупнейшей железнодорожной выставке. – [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://cfts.org.ua/analitika

*УДК*

***А.О. Сулим, А.В. Донченко, Ж. О. Семко***

# ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ В ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

***В статті висвітлені проблеми в галузі виконання робіт з національної стандартизації України для залізничного транспорту та окреслені напрямки їх подолання.***

**Вступ.** Технічний комітет «Вагони» (далі ТК-83) заснований на початку створення незалежної України на базі головної наукової організації з наукового забезпечення розвитку залізничного транспорту для держави. До складу ТК-83 входить 30 організацій. На цій же основі на базі ДП «УкрНДІВ» створена головна організація з питань стандартизації ГОС-57.

**Постановка проблеми.** ТК-83 неодноразово звертався до Мінекономрозвитку України та до «УкрНДНЦ» і висловлював свою стурбованість щодо стану, в якому опинилась галузь транспортного машинобудування у сфері залізничного транспорту стосовно робіт з стандартизації. З метою визначення позиції членів ТК-83 щодо скасування ГОСТ, розроблених до 1992 року секретаріатом було направлено на розгляд вище зазначенні матеріали та запропоновано визначити свою позицію, щодо можливості фінансування розробки національних стандартів на заміну тих, що підлягають скасуванню, у разі відсутності або неможливості застосування міжнародних та європейських стандартів. У результаті опрацювання отриманих відповідей зроблено висновок, що скасування більшості стандартів, які стосуються залізничного транспорту та його інфраструктури, є дуже передчасною подією. Зважаючи на критичний стан промисловості та кризову ситуацію, в якій опинилися підприємства транспортного машинобудування залізничної галузі, фінансування робіт із стандартизації жодне підприємство не запропонувало. Та по другому і не могло бути, що було зрозуміло і без опитувань, коли більшість підприємств не працюють, або використовують до 10 % своїх потужностей.

Останнім часом на адресу ТК-83 та ДП «УкрНДІВ», як головної організації зі стандартизації надходять тривожні листи від підприємств-членів ТК-83 щодо неможливості фінансування робіт з розробки національних стандартів в умовах нинішньої тяжкої економічної ситуації в Україні. Тому, і ТК-83, і ДП «УкрНДІВ» та підприємства-виробники висловлюють велику стурбованість з цього приводу.

**Мета статті** – аналіз проблемних питань стандартизації в галузі транспортного машинобудування для залізничного транспорту та шляхи їх вирішення.

***© Сулим А.О., Донченко А.В., Семко Ж.О., 2018***

**Аналіз проблемного питання.** Як відомо рухомий склад України сьогодні курсує коліями 1520 мм простору країн СНД, Латвії, Литви, та Грузії, де без вимог міждержавних стандартів виникає багато проблем і не тільки технічних [1]. На сьогодні більшість стандартів, що регламентують вимоги до залізничної продукції є міждержавні стандарти. Окрім того ми не вийшли з «Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» від 13.02.1992 р. де ведеться активна і масштабна праця з розроблення нових міждержавних стандартів в галузі залізничної техніки (не гармонізованих з міжнародними та європейськими) і українські виробники залізничного транспорту вважають, що відмова від прийнятих міждержавних стандартів в залізничній галузі, а також скасування ГОСТ розроблених до 1992 року, в умовах економічної кризи приведе до порушення корпоративних міждержавних зв'язків та до додаткових бар'єрів у торгівлі з країнами СНД, країнами Прибалтики та Грузії і як наслідок - до ще більшого поглиблення кризи у транспортному машинобудуванні для залізничної галузі. До речі МТК 524 «Залізничний транспорт» останніми роками гармонізовані (в більшості своїй модифіковані) стандарти з європейськими, але фінансування цих робіт на себе взяли державні установи Російської Федерації, Білорусії та Казахстану, тому їх промисловість в своєму розвитку щодо залізничного транспорту на 15, а за деякими напрямки і на 30 років випереджає Україну.

Виходячи з ситуації, що склалася із-за відсутності фінансування робіт з розробки національних стандартів може бути втрата цілої галузі, а саме транспортного машинобудування для залізничного транспорту та міського господарства України і зупинка роботи залізниць України взагалі. Тому ТК-83 разом з підприємствами-виробниками вважає, що стандарти розроблені до 1992 року, незважаючи на їх «умовну застарілість» є на даний час актуальними та не мають аналогів серед чинних національних та європейських стандартів, тому скасування більшості таких стандартів є дуже передчасною подією та ще більшою залежністю від позиції, яку зайняла сьогодні на цьому ринку Російська Федерація. Крім того, є значна кількість міждержавних стандартів на залізничну техніку, за прийняття яких Україна вже проголосувала, але до цього часу їм не надано чинності в Україні.

Пропозиції

1. Враховуючи принцип добровільності застосування стандартів в Україні вважаємо за доцільне прийняти рішення щодо недоцільності відмови від стандартів розроблених до 1992 року, які необхідні для існування галузі. Тобто продовжити термін їх дії. Свої пропозиції ТК 83 неодноразово повторно направляв до Національного органу стандартизації України (далі – НОС). Останнього разу ДП «УкрНДІВ» направив свої пропозиції у жовтні 2018 року.

2. З метою зниження ризиків для виробників рухомого складу та елементів інфраструктури з урахуванням ситуації що склалася, пропонуємо надати чинності міждержавним стандартам, за які уже проголосувала Україна, а згодом, за умови покращення фінансової ситуації в Україні розглянути питання дольового фінансування підприємствами виробниками розробки національних стандартів України, але для цього необхідно ще і подолати ментальність наших бізнесових структур..

За ТК-83 «Вагони» наказом ДП «УкрНДНЦ» № 192 від 16.12.2015 р. [2] закріплено 127 європейських стандартів, які методом підтвердження мовою оригіналу прийняті в Україні, але не усі вони можуть сьогодні використовуватися українськими виробниками. Розуміючи важливість питання щодо розроблення національних стандартів , гармонізованих з європейськими, але, в межах своєї компетенції та на підставі аналізу існуючої ситуації щодо гармонізації національних стандартів з

міжнародними та європейськими слід констатувати, що не у всіх випадках прийняття цих стандартів може бути корисним з причин національної безпеки, захисту здоров'я людини і її безпеки, захисту оточуючого природного середовища, істотних кліматичних, географічних або технологічних проблем.

Перевезення залізничним транспортом небезпечних і особливо небезпечних вантажів Хлор, аміак, радіоактивні вибухові матеріали, нафтопродукти, хімічні речовини і інші) пред'являють до залізничного транспорту особливі вимоги з безпеки руху, тому гармонізація вітчизняних стандартів з європейськими щодо норм безпеки вимагає ретельного аналізу та серйозних техніко-економічних досліджень щодо їх впровадження.Це обумовлено у першу чергу відмінностями залізниць України і Європи:

– ширини залізничної колії;
– габаритами рухомого складу;
– профілями кочення вагонного колесо і рейки;
– конструкцією і характеристиками ударно-тягових пристроїв і автозчепів; нормативних навантажень, які враховують для оцінки динамічних і міцнісних характеристик при проектуванні;
– методик і оцінювання ходових, динамічних та міцносних якостей рухомого складу;
– конструкцією і нормативними документами та вимогами до гальмівних систем рухомого складу;
– вимогами до інфраструктури та інше.

Тому визначитись з прийняттям європейських стандартів методом підтвердження та перекладу в галузі залізничної техніки та інфраструктури необхідно зважено. Більшість європейських стандартів для рухомого складу, яка використовується на колії 1520 мм, не можуть бути впровадженні в повному обсязі. Не можуть вони бути автоматично впровадженні і після перебудови колії, як заявляють деякі чиновники, не провівши глибоких економічних досліджень щодо вартості проведення корінної перебудови інфраструктури, навіть за кошти ЄБРР. Такі серйозні дослідження, при сприятливих підходах до цієї проблеми ПАТ «Укрзалізниця» міг би провести ДП «УкрНДІВ». Крім цього, необхідно зауважити, що разом з добровільним застосуванням стандартів головний замовник та користувач залізничної техніки - ПАТ «Укрзалізниця» використовує внутрішні документи, які підкреслюють особливості експлуатації рухомого транспорту простору колії 1520 мм. Ці документи в разі прийняття європейських стандартів, теж вимагатимуть корінного перегляду з великим фінансовими витратами на ці цілі. Тому виникає питання, а не більш доцільним була б розробка і використання «модифікованих» стандартів.

У разі впровадження європейських стандартів методом підтвердження актуальним залишаються питання щодо однозначного та єдиного сприйняття вимог цих стандартів, що в свою чергу ускладнюється наступними вагомими факторами: відсутністю мовної підготовки широкого кола користувачів; можливістю неоднозначного тлумачення нормативних положень стандартів, зокрема вимог щодо безпеки, захисту життя та здоров'я людини, що може бути зумовлене неоднаковим рівнем технічної та мовної підготовки перекладачів; відсутністю усталеної науково-технічної та технологічної термінології.

Серйозною проблемою є проведення тендерних торгів за «славнозвісною» системою «Прозоро» коли тендер виграють організації, які далекі від знань специфіки проблеми, що представлена в тому чи іншому стандарті, тому часто переклади про-

ведені цими організаціями не витримують ніякої критики в частині їх якості. Останнім часом НОС цю ситуацію частково виправив.

Невідповідність нормативних значень показників (характеристик об'єктів залізничного транспорту, їх складових та елементів інфраструктури, що запроваджуються в ДСТУ, EN, IDT нормам безпеки, чинним в Україні, призведе до великих проблем зі створення залізничної техніки та до ускладнення в цілому у залізничному сполученні між країнами СНД, що може призвести до цілковитої самоізоляції України.

**Висновки і рекомендації.** Вищеназване свідчить, що:

1. Приймати європейські та міжнародні стандарти в залізничній галузі з урахуванням національних особливостей щодо структури, технічних характеристик та показників рухомого складу залізниць, стану інфраструктури, що вимагає проведення серйозної науково-дослідної роботи.

2. Виключити можливість фінансування з боку держави робіт з прийняття методом перекладу європейських стандарті некомпетентними в галузі залізничної техніки організаціями для доведення цих перекладів до логічного визнання. Усі європейські стандарти, які закріплені за профільними ТК, повинні проводитися іншими організаціями тільки по узгодженню з цими ТК.

## ЛІТЕРАТУРА

1 Донченко, А.В. Проблеми стандартизації у сфері залізничного транспорту / А.В. Донченко, А.О. Сулим, // Інфраструктура якості: перспективи та тенденції розвитку: III Міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей (11 жовтня 2018 року). – К., ДП «УкрНДНЦ», 2018. – С. 21–22.

2. Наказ № 192 від 16.12.2015 р. – К., ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 2 с.

*УДК*

***А.О. Сулим, С.О. Столєтов, Е.В. Третяк***

# ВСТАНОВЛЕННЯ УМОВ ОБЕРТАННЯ НАПІВВАГОНА МОДЕЛІ 12-7023-01 ПІСЛЯ ДЕПОВСЬКОГО РЕМОНТУ НА КОЛІЯХ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

***В статті описано процедуру встановлення умов обертання напіввагона моделі 12-7023-01 після деповського ремонту на коліях залізниць України. За результатами теоретично-експериментальних досліджень складено таблицю обертання напіввагона моделі 12-7023-01, в якій встановлено допустимі швидкості руху зазначеного вагона для різних конструкцій верхньої будови колії.***

**Вступ та постановка проблеми.** При вирішенні теоретичних та практичних задач актуальних проблем залізничного транспорту, особливо під час розробки заходів з технічного забезпечення безпеки руху поїздів, широко застосовуються теоретичні дослідження в області взаємодії рухомого складу та колії, що дозволяє суттєво скоротити час та затрати на проведення досить трудомістких та високовартісних експериментів та випробувань в натуральних умовах нового рухомого складу, конструкції колії, стрілочних переводів. До таких досліджень слід віднести встановлення умов обертання нового рухомого складу для різних конструкцій верхньої будови колії.

Теоретичні дослідження з встановлення умов обертання нового рухомого складу передбачають визначення максимально допустимих швидкостей руху для різних конструкцій верхньої будови колії. Ці дослідження є досить важливим етапом в постановці на виробництво та введення в експлуатацію нового рухомого складу, оскільки за результатами цих досліджень встановлюються норми допустимих швидкостей руху по типовим ділянкам залізничної колії [1].

У 2015 році Технічною радою Укрзалізниці прийнято вимоги для підтвердження параметрів інноваційності вантажних вагонів з пробігом після останнього планового ремонту понад 100 тис. км [2]. З метою перевірки на відповідність зазначених вимог проведено експериментальні дослідження з визначення впливу на залізничну колію напіввагона моделі 12-7023-01 на візках моделі 18-7020. Даний напіввагон виготовлений згідно з вимогами ТУ [3], які розроблені підприємством-виробником і узгоджені в установленому порядку, та знаходився в експлуатації на коліях ПАТ «Укрзалізниця».

Напіввагон моделі 12-7023-01 з осьовим навантаженням 23,5 тс (230,5 кН), виготовлений ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» та призначений для перевезення сипких, штучних, пакетованих вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів, зі швидкостями до 120 км/год.

Підготовка і проведення досліджень з впливу вагона на залізничну колію здійснювались згідно з М 6.5.00706 [4].

***© Сулим А.О., Столєтов С.О., Третяк Е.В., 2018***

Аналіз результатів проведених досліджень з визначення бічних та вертикальних сил від напіввагона моделі 12-7023-01 з пробігом понад 100 тис. км після останнього деповського ремонту на верхню будову залізничної колії дозволив встановити, що зазначений вагон відповідає вимогам [2]. Порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить, що напіввагон моделі 12-7023-01 з пробігом понад 100 тис. км після деповського ремонту у порівнянні з новоствореним вагоном моделі 12-7023, має більший вплив на колію на 15–37 %, за винятком дії вертикальної сили в кривій радіусом 419 м.

Таким чином, знос ходових частин безпосередньо впливає на значення бічних та вертикальних сил. За мірою зносу ходових частин напіввагона моделі 12-7023-01 на візках моделі 18-7020 спостерігається збільшення впливу бокової сили на верхню будову залізничної колії.

Як наслідок, виникає необхідність встановлення умов обертання зазначеного вагона для визначення максимально допустимих швидкостей руху на ділянках колії з різною конструкцією верхньої будови.

**Мета роботи** – встановлення умов обертання напіввагона моделі 12-7023-01 з пробігом понад 100 тис. км після деповського ремонту з метою визначення максимально допустимих швидкостей руху на ділянках залізниць України з різною конструкцією верхньої будови колії.

**Матеріал і результати досліджень.** При встановленні умов обертання рухомого складу для визначення максимально допустимих швидкостей руху використовують наступні вимоги та критерії [1, 5]:

– неперевищення допустимих та рекомендованих значень напруги в елементах верхньої будови колії (забезпечення міцності конструкції колії);

– забезпечення стійкості коліс від укочування гребенів на головку рейки;

– забезпечення стійкості рейко-шпальної решітки поперечному зрушенню по баласту;

– неперевищення прийнятого допустимого рівня непогашених прискорень у кривих ділянках колії ($[\alpha_{нп}]$=0,7 м/с$^2$).

1) Допустимі швидкості руху за умови згинальної міцності рейок для різних конструкцій верхньої будови колії визначаються за допомогою графіка розрахункових осьових напружень у підошві рейок у функції швидкості, виходячи зі значень нормованих осьових напружень у підошві рейки, обумовлених залежністю [5]:

$$[\sigma_0] = \frac{[\sigma_к]}{f}, \tag{1}$$

де $[\sigma_к]$ – допустимі напруження в кромках підошов рейок, які прийняті 240 МПа для колії з рейками типу Р43 і важче довжиною 12,5 і 25 м [6];

$f$ – коефіцієнт, що враховує дію від колеса на рейку горизонтальних бічних (поперечних до осі колії ) сил і крутних моментів, створюваних позацентровим прикладенням вертикальних сил.

Коефіцієнт $f$ характеризує перехід від осьових напружень у підошві рейок до кромочних і визначається за відомою формулою [5]:

$$f = \frac{\sigma_к^э + \Delta\sigma_0}{\sigma_0^р}, \tag{2}$$

де $\sigma_к^э$ – експериментальні максимально імовірні значення кромочних напружень у підошві рейки, МПа;

$\sigma_0^р$ – розрахункові максимально імовірні осьові напруження у рейках, МПа;

$\Delta\sigma_0 = \sigma_0^р - \sigma_0^э$ – різниця між максимальними розрахунковими і максимальними експериментальними значеннями осьових напружень у рейках, МПа.

2) Забезпечення стійкості коліс від укочування гребенів на головку рейки характеризує коефіцієнт, який визначається як відношення максимальної бічної сили ( $H_{max}$), що передається від колеса на рейку, до середньої вертикальної сили взаємодії колеса і рейки ( $P_{сер}$ ) [6]

$$\alpha = \frac{H_{max}}{P_{сер}} \tag{3}$$

3) Оцінка стійкості рейко-шпальної решітки здійснюється за коефіцієнтом запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту. Коефіцієнт запасу стійкості рейко-шпальної решітки від поперечного зсуву по баласту, який визначають за рамними силами, як відношення рамної сили ($H_p$) до вертикального статичного навантаження ($P_0$) колісної пари на рейки [6]:

$$\gamma = \frac{H_p}{P_0} \tag{4}$$

4) Допустимі швидкості руху $V_д$ рухомого складу в кривих визначаються з умови неперевищення величини допустимого непогашеного поперечного прискорення [$\alpha_{нп}$]=0,7 м/с$^2$ при максимальному допустимому підвищенні зовнішньої рейки [h]=150 мм за формулою [1]:

$$V_д = 4{,}6 \cdot \sqrt{R}\,, \tag{5}$$

де $R$ – радіус кривої, м.

Для встановлення умов обертання напіввагона моделі 12-7023-01 на мережі залізниць України за допустимим напруженням в елементах верхньої будови залізничної колії були виконані розрахунки впливу його на колію.

Розрахунки були виконані згідно «Правил розрахунків залізничної колії на міцність та стійкість» [7] з використанням результатів випробувань з впливу на залізничну колію. При виконанні розрахунків колії на міцність від впливу на колію напіввагона моделі 12-7023-01 після деповського ремонту використовувались дані експериментальних досліджень, а саме: навантаження від колеса на рейку за результатами зважування дослідного рухомого складу й обмірюваних у процесі випробувань вертикальних осьових і колісних навантажень; а також максимальних сил, викликаних вертикальними коливаннями непідресорених мас. Вхідні дані для розрахунку колії на міцність за параметрами напіввагона моделі 12-7023-01 з пробігом понад 100 тис. км після деповського ремонту наведено в табл. 1.

*Таблиця 1* – **Вхідні дані для розрахунків колії на міцність**

| № п/п | Параметри | Умовна позначка і розмірність | Значення параметру |
|---|---|---|---|
| 1 | Кількість осей у візку | $n$ | 2 |
| 2 | Повне статичне навантаження від колеса на рейку | $P_0$, кН | 115,25 |
| 3 | Непідресорене статичне навантаження від колеса на рейку | $q_k$, кН | 10,2 |
| 4 | Діаметр колеса | $d$, см | 95,7 |
| 5 | Глибина ізольованої нерівності на колесі | $e_0$, см | 0,067 |
| 6 | Сумарний (I і II ступіней) статичний прогин ресорного підвішування | $y$, мм | 57,3 |
| 7 | Мінімальна швидкість руху | $V_{min}$, км/год | 10 |
| 8 | Конструкційна швидкість руху | $V_{max}$, км/год | 120 |
| 9 | Крок збільшення швидкості руху | $\Delta V$, км/год | 5 |
| 10 | Коефіцієнти $f$ для набігаючи осей у залежності від радіуса кривих | $f$ | 1,0 |
| 11 | Коефіцієнти $m_{г\text{-}к}$ | $m_{г\text{-}к}$ | 1,0 |
| 12 | Відстані між осями колісних пар | $l$, м | 1,85 |

Розрахунки допустимих швидкостей руху виконані за умови, що нерівномірність завантаження окремих осей не перевищує допустимих значень, встановлених технічними умовами на вагон [3] та його завантаження.

Для визначення коефіцієнта $f$ були використані результати експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків колії на міцність. Отримані розрахункові значення коефіцієнта $f$ в прямих та кривих дослідних ділянках колії при всіх швидкостях руху (за умов $[\alpha_{нп}]=0{,}7$ м/с$^2$) використовувались для визначення значень коефіцієнтів $f$ при апроксимації даних та в кривих других радіусів. Розрахункові значення коефіцієнтів $f$ та $m_{г\text{-}к}$ в залежності від плану лінії (радіусів кривих) та нормовані осьові напруження в рейках, наведено в табл. 2.

Коефіцієнт $m_{г-к}$ враховує перехід від осьових напружень в підошві до кромочних напружень в головці. Він залежить від коефіцієнту $f$ і типу рейки і знаходиться за формулою [7]:

$$m_{г-к} = \frac{Z_г}{Z_п} + (f-1)\frac{b_г}{b_п}\ , \qquad (6)$$

де $b_г$, $b_п$ - відповідно ширина головки і підошви рейки, м;

$z_г$, $z_п$ - відстань від центральної горизонтальної осі до верху головки і низу підошви відповідно, м.

*Таблиця 2* – **Розрахункові значення коефіцієнтів *f* та $m_{г\text{-}к}$ в залежності від плану лінії (радіусів кривих) та нормовані осьові напруження в рейках**

| Параметри | Значення коефіцієнтів *f та* $m_{г\text{-}к}$ при радіусах кривих, м | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | пряма | 1000 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 350 | 300 |
| *f* | 1,18 | 1,26 | 1,28 | 1,3 | 1,33 | 1,39 | 1,49 | 1,55 | 1,65 |
| $m_{г\text{-}к}$* | 1,39 | 1,43 | 1,44 | 1,45 | 1,46 | 1,49 | 1,54 | 1,57 | 1,62 |
| $[\sigma_0]$, МПа | 203 | 190 | 188 | 185 | 180 | 173 | 161 | 155 | 145 |

Примітка. Значення коефіцієнта $m_{г\text{-}к}$ наведено для типу рейки Р65.

Розрахунки колії на міцність виконані для 65 конструкцій верхньої будови колії, що експлуатуються на мережі колій України, за якими і встановлювалися умови обертання дослідного напіввагона моделі 12-7023-01. Розрахунки виконувались за допомогою спеціалізованого атестованого програмного забезпечення на ЕОМ.

При цьому розрахунки колії на міцність виконувались для середніх значень модуля пружності колії. Під час виконання розрахунків колії на міцність використовувались модулі пружності, отримані експериментально на дослідних ділянках, а також відкориговані за результатами досліджень ДНУЗТ в роботі [8].

З урахуванням викладеного були виконані розрахунки колії на міцність від впливу дослідного напіввагона моделі 12-7023-01 для 65 конструкцій верхньої будови колії для рейок типу Р50, UIC60, Р65 з різними значеннями їх зносу на дерев’яних і залізобетонних шпалах для щебеневого, гравійного і піщаного баласту. Дані для розрахунку за параметрами 65 конструкцій верхньої будови колії наведено в таблиці 3. У переліку конструкцій верхньої будови колії зазначені типи рейок, їх знос, тип і кількість шпал на кілометрі, рід баласту (табл. 3).

*Таблиця 3* – **Вхідні дані для розрахунків колії на міцність за параметрами верхньої будови колії**

| № п/п | Конструкція верхньої будови колії | | Uy, МПа | | $\alpha_1$ | $\beta$ | $\varepsilon$ | $\gamma$ | $l_m$, м | $\alpha_0$ | $r_1$ | J, $см^4$ | $W_n$, $см^3$ | $\omega$, $см^2$ | $\Omega_\omega$, $см^2$ | h, см | f | $m_{г-ж}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | сер. | max | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 1 | Баласт – щебінь, шпали дерев'яні | Р65(9)*1840(ІА,ІБ) | 19,0 | 31,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2998 | 404 | 592 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 2 | | Р65(9)2000(ІА,ІБ) | 25,0 | 42,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2998 | 404 | 626 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 3 | | Р65(12)1600(ІА,ІБ) | 17,0 | 27,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2772 | 390 | 592 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 4 | | Р65(12)1840(ІА,ІБ) | 19,0 | 31,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2772 | 390 | 592 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | | Р65(12)2000(ІА,ІБ) | 25,0 | 42,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2772 | 390 | 626 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 6 | | Р65(12)1600(ІА,ІБ) | 17,0 | 27,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2400 | 371 | 592 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 7 | | Р65(16)1840(ІА,ІБ) | 19,0 | 31,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2400 | 371 | 592 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 8 | | Р65(16)2000(ІА,ІБ) | 25,0 | 42,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2400 | 371 | 626 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 9 | | UIC60(9)1840(ІА,ІБ) | 19,0 | 31,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2619 | 307 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 10 | | UIC60(9)2000(ІА,ІБ) | 25,0 | 42,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2619 | 307 | 612 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 11 | | UIC60(12)1600(ІА,ІБ) | 17,0 | 27,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2526 | 304 | 612 | 2905 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 12 | | UIC60(12)1840(ІА,ІБ) | 19,0 | 31,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2526 | 304 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 13 | | UIC60(12)2000(ІА,ІБ) | 25,0 | 42,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2526 | 304 | 612 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 14 | | UIC60(16)1600(ІА,ІБ) | 17,0 | 27,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2321 | 299 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 15 | | UIC60(16)1840(ІА,ІБ) | 19,0 | 31,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2321 | 299 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 16 | | UIC60(16)2000(ІА,ІБ) | 25,0 | 42,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2321 | 299 | 612 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 17 | | Р50(10)1600(ІА,ІБ) | 14,5 | 19,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 1641 | 261 | 527 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 18 | | Р50(10)1840(ІА,ІБ) | 15,0 | 20,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 1641 | 261 | 527 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 19 | | Р50(10)2000(ІА,ІБ) | 15,5 | 20,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 1641 | 261 | 592 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 20 | | Р50(13)1600(ІА,ІБ) | 14,5 | 19,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 527 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 21 | | Р50(13)1840(ІА,ІБ) | 15,0 | 20,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 527 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 22 | | Р50(13)2000(ІА,ІБ) | 15,5 | 20,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 592 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 23 | | Р50(13)1600(ІІА,ІІБ) | 14,0 | 17,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 527 | 2466 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 24 | | Р50(13)1840(ІІА,ІІБ) | 14,5 | 17,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 527 | 2466 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 25 | | Р50(13)2000(ІІА,ІІБ) | 15,0 | 18,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 592 | 2512 | 55 | 1,0 | 1,0 |

*Продовження таблиці 3*

| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | Баласт – гравій і пісок, шпали дерев'яні | Р65(12)1600(ІА,ІБ) | 16,0 | 19,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,1 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2772 | 390 | 592 | 2920 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 27 | | Р65(12)1840(ІА,ІБ) | 16,5 | 22,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,1 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2772 | 390 | 592 | 2920 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 28 | | Р65(12)2000(ІА,ІБ) | 17,0 | 24,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2772 | 390 | 626 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 29 | | Р65(16)1600(ІА,ІБ) | 16,0 | 19,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,1 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2400 | 371 | 592 | 2920 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 30 | | Р65(16)1840(ІА,ІБ) | 16,5 | 22,0 | 1,0 | 0,87 | 1,0 | 1,1 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2400 | 371 | 626 | 2920 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 31 | | UIC60(12)1600(ІА,ІБ) | 16,0 | 19,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,1 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2526 | 304 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 32 | | UIC60(12)1840(ІА,ІБ) | 16,5 | 22,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,1 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2526 | 304 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 33 | | UIC60(12)2000(ІА,ІБ) | 17,0 | 24,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 2526 | 304 | 612 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 34 | | UIC60(12)1600(ІА,ІБ) | 16,0 | 19,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,1 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 2321 | 299 | 612 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 35 | | UIC60(12)1840(ІА,ІБ) | 16,5 | 22,0 | 1,0 | 0,904 | 1,0 | 1,1 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 2321 | 299 | 612 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 36 | | Р50(10)1600(ІА,ІБ) | 13,0 | 15,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 1641 | 261 | 527 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 37 | | Р50(10)1840(ІА,ІБ) | 13,5 | 16,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 1641 | 261 | 527 | 2853 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 38 | | Р50(10)2000(ІА,ІБ) | 14,0 | 16,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 1641 | 261 | 592 | 2905 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 39 | | Р50(13)1600(ІА,ІБ) | 13,0 | 15,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,63 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 527 | 2853 | 45 | 1,0 | 1,0 |
| 40 | | Р50(13)1840(ІА,ІБ) | 13,5 | 16,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,55 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 527 | 2853 | 45 | 1,0 | 1,0 |
| 41 | | Р50(13)2000(ІА,ІБ) | 14,0 | 16,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 0,433 | 0,8 | 1510 | 251 | 592 | 2905 | 50 | 1,0 | 1,0 |
| 42 | Баласт -Щ, шпали – ЗБ | Р65(8)1840(ЗБ) | 26,0 | 50,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 3267 | 413 | 592 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 43 | | Р65(8)2000(ЗБ) | 26,8 | 52,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 3267 | 413 | 626 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 44 | | Р65(9)1840(ЗБ) | 26,0 | 50,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2998 | 404 | 592 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 45 | | Р65(9)2000(ЗБ) | 26,8 | 52,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 2998 | 404 | 626 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 46 | | Р65(12)1600(ЗБ) | 25,0 | 48,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,63 | 0,403 | 0,7 | 2772 | 390 | 592 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 47 | | Р65(12)1840(ЗБ) | 26,0 | 50,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2772 | 390 | 592 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 48 | | Р65(12)2000(ЗБ) | 26,8 | 52,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 2772 | 390 | 626 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 49 | | Р65(16)1600(ЗБ) | 25,0 | 48,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,63 | 0,403 | 0,7 | 2400 | 371 | 592 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | | Р65(16)1840(ЗБ) | 26,0 | 52,0 | 0,931 | 0,87 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2400 | 371 | 626 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |

*Кінець таблиці 3*

| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 | Баласт – ЩЗ, шпали ЗБ, КБ (для UIC (8 і 9) – КПП) | UIC60(8)1840(ЗБ) | 47,5 | 87,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2974 | 313 | 286 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 52 | | UIC60(8)2000(ЗБ) | 48,4 | 89,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 2974 | 313 | 286 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 53 | | UIC60(9)1840(ЗБ) | 47,5 | 87,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2619 | 307 | 286 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 54 | | UIC60(9)2000(ЗБ) | 48,4 | 89,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 2619 | 307 | 286 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 55 | | UIC60(12)1600(ЗБ) | 25,0 | 48,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,63 | 0,403 | 0,7 | 2526 | 304 | 592 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 56 | | UIC60(12)1840(ЗБ) | 26,0 | 50,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2526 | 304 | 592 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 57 | | UIC60(12)2000(ЗБ) | 26,8 | 52,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 2526 | 304 | 626 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 58 | | UIC60(16)1600(ЗБ) | 25,0 | 48,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,63 | 0,403 | 0,7 | 2321 | 299 | 592 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 59 | | UIC60(16)1840(ЗБ) | 26,0 | 50,0 | 0,931 | 0,904 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 2321 | 299 | 626 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 60 | | Р50(10)1600(ЗБ) | 22,5 | 42,0 | 0,931 | 1,0 | 0,332 | 1,0 | 0,63 | 0,403 | 0,7 | 1641 | 261 | 490 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 61 | | Р50(10)1840(ЗБ) | 23,0 | 44,0 | 0,931 | 1,0 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 1641 | 261 | 490 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 62 | | Р50(10)2000(ЗБ) | 24,0 | 48,0 | 0,931 | 1,0 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 1641 | 261 | 490 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 63 | | Р50(13)1600(ЗБ) | 22,5 | 42,0 | 0,931 | 1,0 | 0,332 | 1,0 | 0,63 | 0,403 | 0,7 | 1510 | 251 | 490 | 2975 | 55 | 1,0 | 1,0 |
| 64 | | Р50(13)1840(ЗБ) | 23,0 | 44,0 | 0,931 | 1,0 | 0,332 | 1,0 | 0,55 | 0,403 | 0,7 | 1510 | 251 | 490 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |
| 65 | | Р50(13)2000(ЗБ) | 24,0 | 48,0 | 0,931 | 1,0 | 0,332 | 1,0 | 0,5 | 0,403 | 0,7 | 1510 | 251 | 490 | 2975 | 60 | 1,0 | 1,0 |

Примітка: – розташована після типу рейок цифра позначає приведений знос рейок у міліметрах;

– для конструкції верхньої будови колії з рейками типу UIC60 з приведеним зносом 8 і 9 мм з залізобетонними шпалами модулі пружності надані для скріплень КПП-5;

– у характеристиках конструкції колії літери означають: рід баласту: ЩЗ – щебеневий; Гр – гравійний; П – піщаний; тип шпал: ІА, ІІА, ІБ, ІІБ – дерев'яних шпал і ЗБ – залізобетонних шпал; число перед типом шпал позначає їхню епюру (кількість шпал на 1 км);

– літери праворуч від значень швидкостей руху, означають: К – конструкційна швидкість; Н – максимальна швидкість руху, що допускається, по величині непогашеного прискорення в кривих ділянках колії при підвищенні зовнішньої рейки 150 мм; допустимі швидкості руху без букв, відповідають обмеженню за міцністю колії;

– швидкість руху по колії з рейками Р75 установлюються такими ж, як і для колії Р65.

Результати розрахунків умов обертання напіввагона моделі 12-7023-01 для 65 різних конструкцій верхньої будови колії представлено в табл. 4.

*Таблиця 4* – **Результати розрахунків умов обертання вагона моделі 12-7023-01**

| Конструкція верхньої будови колії | Максимально допустимі швидкості руху, км/год | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Пряма | Радіуси кривих, м | | | | | | | |
| | | 1000 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 350 | 300 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Р65(8; 9; 12; 16)1640, 1840,2000Щ(ЗБ) | К-120 | К-120 | К-120 | К-120 | Н-110 | Н-100 | Н-90 | Н-80 | Н-70 |
| UIC60(8; 9; 12; 16)1640, 1840,2000Щ(ЗБ) | К-120 | К-120 | К-120 | К-120 | Н-110 | Н-100 | Н-90 | Н-80 | Н-70 |
| Р50(10; 13)1640,1840, 2000Щ(ЗБ) | К-120 | К-120 | К-120 | К-120 | Н-110 | Н-100 | Н-90 | Н-80 | Н-70 |
| Р50(13)2000Щ (ІА,ІБ,ІІА,ІІБ) Р50(10)2000Щ(ІА,ІБ) UIC60(16)2000Щ (ІА,ІБ) Р65(16)2000Щ(ІА,ІБ) | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | Н-90 | Н-80 | Н-70 |
| Р50(13)1840,2000Щ, Гр,(ІА,ІБ) | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 70 | 50 |
| Р50(13)2000 Гр(ІА,ІБ) | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 70 | 50 |
| Р50(10)1840Щ(ІА,ІБ) | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 70 | 70 | Н-70 |
| Р50(10) 2000 Гр(ІА,ІБ) | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 70 | 70 | Н-70 |
| Р65(12)2000Щ(ІА,ІБ) UIC60(9)2000Щ (ІА,ІБ) UIC60(12)2000Щ (ІА,ІБ) | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | Н-80 | Н-70 |
| Р65(9)1840,2000 Щ(ІА,ІБ) Р65(12,16)1600,1840 ЩГр(ІА,ІБ) Р65(12)2000Гр(ІА,ІБ) UIC60(9)1840Щ (ІА,ІБ) UIC60(12,16)1600,1840 Щ(ІА,ІБ) UIC60(12)1840Гр (ІА,ІБ) UIC60(12)2000Гр(ІА,ІБ) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | Н-70 |
| Р50(10)1600Щ(ІА,ІБ) Р50(13)1840Щ(ІІА,ІІБ) Р50(10)1600Щ(ІА,ІБ) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 50 |
| Р50(13)1600Щ(ІА,ІБ) Р50(13)1840Гр(ІІА,ІІБ) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 40 |
| Р50(13)1600Гр(ІА,ІБ) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 50 | 40 |
| Р50(10)1600Гр(ІА,ІБ) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 50 | 50 | 40 |
| Р65(12)1600Гр(ІА,ІБ) UIC60(12)1600Гр(ІА,ІБ) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Р50(13)1600Щ(ІІА,ІІБ) | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

За результатами розрахунків умов обертання вагона моделі 12-7023-01 визначено обмеження швидкості руху цього вагона для кожної з розглянутих конструкцій верхньої будови колії.

**Висновки.** 1. Описано процедуру встановлення умов обертання рухомого складу на залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 мм.

2. Встановлено максимально допустимі швидкості руху напіввагона моделі 12-7023-01 з пробігом понад 100 тис. км після деповського ремонту на ділянках залізниць України з різною конструкцією верхньої будови колії шляхом виконання теоретично-експериментальних досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

1 Мямлін С.В. Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 мм : ЦП-0235 / С.В. Мямлін, В.В. Рибкін, В.Є. Савлук. – К.: Міністерство транспорту та зв'язку України, 2010. – 53 с.

2. Критерії інноваційності, прийняті на засіданні технічної ради Укрзалізниці від 30.09.2015 р., котрим повинен відповідати вагон після пробігу 100 тис. км (згідно додатку 2, 3 протоколу Технічної ради від 30.09.2015 р.).

3. ТУ У 35.2-05763814-065:2005 «Напіввагони моделі 12-7023, 12-7023-01, 12-7023-02. Технічні умови». Полтавська обл., м.Кременчук: ПАТ «КВБЗ», 2005. – 56 с.

4. М 6.5.00706 «Напіввагон моделі 12-7023-01 на візках моделі 18-7020. Методика випробувань (ходові динамічні випробування у порожньому та завантаженому станах, визначення коефіцієнта відносного тертя, випробування з визначення впливу на колію)». Полтавська обл., м. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2017. – 24 с.

5. Ромен, Ю.С. Установление условий обращения вагонов с увеличенной осевой нагрузкой / Ю.С. Ромен, А.М. Орлова, М.С. Тихов, А.В. Заверталюк // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 3 (46). – С. 25–35.

6. ДСТУ 7571:2014. Рухомий склад залізниць. Норми допустимого впливу на залізничну колію шириною 1520 мм; Уведено вперше; надано чинності 2014-12-02. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 33 с.

7. Даніленко Е.І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність та стійкість : ЦП-0117 / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2004. – 64 с.

8. Татуревич А.П. Результаты определения фактических значений жесткости пути для исследований взаимодействия пути и подвижного состава / А.П. Татуревич // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна – Д., 2003. – Вип 2. – С. 95–100.