

splatacja i Niezawodnosc - Maintenance and Reliability. - 2012. - Vol. 14, № 2. - P. 154-159.

6. Zhao, F. Influence of small stress cycles on the fatigue damage of C70E car body / F. Zhao, J. Xie // J. of Mechanical Engineering. – 2014. – Vol. 50. – Iss. 10. – P. 121–126. doi: 10.3901/jme.2014. 10.121

7. Балтер М. А. Упрочнение деталей машин / М. А. Балтер – Москва: Машиностроение, 1978. – 182 с.

8. Иванова В. С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов / В. С. Иванова. – Москва: Наука, 1992. – 160 с.

9. Мурадян Л.А., Шапошник В.Ю., Подосенов Д.О. Повышение надежности грузовых вагонов с применением новых технологий изготовления и восстановления рабочих поверхностей // Збірник наукових праць ДНУЗТ. Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2016. – С. 24-31.

10. Лашенко Г. И. Современные технологии сварочного производства. – Київ: «Еко-технологія», 2012. – 720 с.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Мямлін Сергій Віталійович,**

д.т.н., професор, проректор Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010.  
Тел.: +38 050 340 27 85.

E-mail: sergeymyamlin@gmail.com.

**Мурадян Леонтій Абрамович,**

к.т.н., доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010.  
Тел.: +38 050 340 28 01.

E-mail: leon59@bk.ru.

**Подосенов Дмитро Олександрович,**

заступник начальника служби вагонного господарства Регіональної філії «Придніпровська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця».

Тел.: +38 050 361 98 06.

E-mail: d.a.podosenov@gmail.com.

УДК 656.96

*Канд. техн. наук Будниченко В.Б.  
Ст. наук. співр. Краснокутська З.І.  
Мол. наук. співр. Покиєвницька Т.В.*

### ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ТРАМВАЙНИХ ВАГОНІВ В УКРАЇНІ

**Ключові слова:** трамвай, трамвайний вагон, трамвайні колії, виготовлення, капітальний ремонт, модернізація.

Трамваї щодня перевозять мільйони пасажирів по всьому світу. Для наших співвітчизників тут є особливий момент гордості, бо появи першого електричного трамваю світ завдячує українцеві. Саме фізику з Полтавщини – Федорові Піроцькому – вперше спало на думку по дротах підвести електрику до рейок, на яких стояв трамвай, щоб звідти вона надходила до мотора [1].

Трамвайний транспорт Україні має колії з загальною довжиною приблизно 1900 км переважно шириною колії 1524 мм, крім міст Вінниця, Житомир, Львів та Євпаторія, які мають ширину 1000 мм. Цей вид транспорту щорічно перевозить приблизно 600 млн. пасажирів та має в експлуатації приблизно 2300 трамвайних вагонів різних виробників, з переважною більшістю тих, що були виготовлені в Чехії. В умовах недостатності коштів в місцевих бюджетах на придбання нових вагонів на даний час оновлено тільки приблизно 7 % трамвайного парку, тобто в експлуатації перебуває 93% вагонів з терміном експлуатації більше 15 років, які потребують виведення з експлуатації.

За техніко-експлуатаційними показниками вагони з терміном експлуатації більше п'ятнадцяти років значно поступаються вагонам, які перебувають в експлуатації в інших країнах, що сприяє ввезенню в Україну з Європи вагонів, технічний стан яких дозволяє продовжити експлуатацію в Україні. В

той час, як трамвайні вагони чеського виробництва, які перебувають в експлуатації в Україні, добре себе зарекомендували в експлуатації і в більшості випадків мають технічний стан рами та каркаса кузова таким, який дозволяє продовжити їх експлуатацію ще на декілька десятків років. Чеською стороною відпрацьовані технічні рішення щодо осучаснення трамвайних вагонів типу Т3 (рис.1), які сьогодні впроваджуються в Україні.



Рис.1 - Трамвайний вагон типу Т3

В залежності від обсягу наявних коштів в місцевих бюджетах оновлення парку трамвайних вагонів вирішується за наступними напрямками:

- придбання нових трамвайних вагонів на зміну морально та фізично застарілих, що були виготовлені в інших країнах, крім Чехії;
- продовження терміну експлуатації трамвайних вагонів типу Т3, з урахуванням досвіду продовження терміну експлуатації рухомого складу на залізниці.

Придбання нових вагонів в першу чергу пов'язано з можливістю промисловості України їх виробляти. Перша спроба в цьому напрямку була реалізована Луганським тепловозобудівним заводом у 1994 році, коли був виготовлений перший вітчизняний трамвайний вагон ЛТ-10 (рис.2) зі 100 % національною локалізацією виробництва [2]. Нажаль, у 1999 році завод припинив роботи з розроблення та виготовлення вагонів за відсутністю замовлень.

Другою найбільш вдалою спробою стало освоєння виробництва трамвайних вагонів підприємством «Татра-Юг», з головним офісом у м. Одеса та виробничими площами у м.

Дніпро. Компанія виробляє сучасні трамвайні вагони типу К1 (рис. 3), К1М, К1М6 (рис. 4), К1М8 (рис. 5), які за своїми технічними, ергономічними параметрами і дизайном стоять в одному ряду з кращими світовими зразками. Виробництво володіє міжнародними сертифікатами якості ISO 9001. Трамваї компанії «Татра-Юг» експлуатуються в 22 містах України [3].



Рис.2 - Трамвайний вагон типу ЛТ10



Рис.3 - Трамвайний вагон типу К1



Рис.4 - Трамвайний вагон типу К1М6





*Рис.5 - Трисекційний трамвайний вагон типу K1M8*

Підприємство «Татра-Юг» постійно займається удосконаленнями своїх вагонів, застосовуючи перевірені в експлуатації технічні рішення. Останні модифікації вагонів (K1M, K1M8) мають ділянки салону з низькою підлогою, що дозволяє користуватися трамвайним транспортом людям з обмеженою мобільністю. В 2017 році виготовлено перший зразок сучасного трамвайного вагона, який має декілька ділянок салону з низьким рівнем підлоги. Всього за період з 2001 роки цей виробник поставив трамвайним депо України приблизно 86 вагонів.



*Рис.6 - Трисекційний трамвайний вагон типу «Електрон» для м. Львова*

Конструкція трамвайного вагона розроблена так, що виробник, в залежності від вимог споживача, може формувати без значних додаткових витрат вагони з різною кількістю секцій та шириною колії. На вагонах застосовані принципово нові конструкції візків з двигунами змінного струму і вони мають 100

До 2013 року компанія «Татра-ЮГ» була єдиним виробником трамвайних вагонів в Україні, а в 2013 року корпорація «Електрон» (м.Львів) виготовила перший зразок сучасного трамвайного вагону типу «Електрон» T5L64, в якому застосовані технічні рішення не гірші ніж у провідних виробників трамвайних вагонів в Європі. Корпорація «Електрон» є виробником усієї гами сучасного міського пасажирського електротранспорту – трамваїв, тролейбусів та електробусів.

Трамваї «Електрон», це однопросторові, низькопідлогові вагони з системою кондиціонування салону, з пониженим рівнем вібрації та шуму. Вагони призначені для колій різної ширини та мають три, п'ять і більше секцій [4]. Вся продукція заводу за технічним рівнем відповідає сучасним європейським вимогам до міського електротранспорту, в тому числі щодо рівня безпеки та комфорту.

Перші зразки таких вагонів для колії 1000 мм були поставлені в м. Львів (рис. 6), а потім в м. Київ (рис. 7), де ширина колії 1524 мм.



*Рис.7 - П'ятисекційний трамвайний вагон типу «Електрон» для м. Києва*

% низької підлоги, на відміну від вагонів типу K1. Всього за період с 2013 року було поставлено в трамвайні депо міст Львова та Києва 9 вагонів.

Крім цих виробників з 2017 року в трамвайні депо м. Києва почали надходити трисекційні трамваї відомої в Європі польської

фірми PESA (рис. 8), які мають аналогічні характеристики, що і вагони корпорації «Електрон». Початок експлуатування вагонів PESA буде потребувати додаткових коштів на організацію їх технічного обслуговування та ремонту у після гарантійний період та сприяє розвитку промисловості Польщі, а не України.

В будь якому випадку придбання нових вагонів Європейського зразка, для заміни морально та фізично застарілих, потребує значних коштів. Тому, ряд підприємств, що експлуатують трамваї в Україні, почали вирішувати задачу оновлення своїх парків вагонів за рахунок виконання капітально-відновлювальних ремонтів, з реалізацію проектів їх осучаснення за прикладом залізниці. Такі проекти впроваджуються в містах Київ, Харків, Одеса, Запоріжжя, Кривий Ріг, Вінниця. Так, на базі трамвайного вагона ТЗ у м. Києві та Кривому Розі реалізовано проект виготовлення трьох секційних вагонів типу ТЗ RN (рис.9).

Трамвай типу ТЗ RN створений на базі двох вагонів типу ТЗ, з заміною контакторно-рестатної системи керування двигунами постійного струму на імпульсну, та має ділянку салону з низькою підлогою, що забезпечує можливість перевезення пасажирів з обмеженою мобільністю.

Інші проекти, які реалізовано в містах Київ, Одеса, Запоріжжя, Харків передбачає виготовлення на базі вагона ТЗ односекційного трамвайного вагона з ділянкою пасажирського салону з низькою підлогою та імпульсними системами керування двигунами постійного струму (рис.10).



Рис.8 - Трамвай фірми PESA



Рис.9 Модернізований трисекційний трамвайний вагон типу ТЗ RN



Рис.10 - Модернізований односекційний трамвайний вагон на базі вагону ТЗ

Цікавими є два власні проекти модернізації трамвайних вагонів ТЗ у вагони ТЗ ВПА в м. Харкові, на одному із них вперше в Україні було застосовано тягові електродвигуни змінного струму з імпульсною системою керування (рис. 11).

Інший проект передбачає улаштування ділянки салону з низьким рівнем підлоги, застосування імпульсної системи керування тяговими двигунами постійного струму, суттєву зміну зовнішнього дизайну, застосування нових матеріалів для зовнішнього облицювання вагона та використання передових технологій для кріплення скла (рис. 12).

Серед підприємств міського електричного транспорту, що експлуатують трамвайні вагони чеського виробництва на коліях шири-



ною 1000 мм, слід зазначити Вінницьку транспортну компанію, яка реалізувала два проекти модернізації вагонів типу КТ4.

Перший проект передбачав створення двосекційного вагону зі зміною дизайну [5] вагона, технології кріплення та матеріалів зовнішнього і внутрішнього оздоблення салону та відділення водія (рис.13).

Другий проект (рис.14) стосувався виготовлення трисекційного трамвайного вагона [6] із застосуванням технічних рішень перевірених в першому проекті та улаштуванням ділянки з низьким рівнем підлоги у другій секції вагона. Обидва проекти передбачають заміну контакторно-реостатної системи керування двигунами постійного струму на імпульсну.



*Рис.11 - Модернізований трамвайний вагон типу Т3 ВПА*



*Рис.12 - Модернізований трамвайний вагон типу Т3 ВПНП*



*Рис.13 - Модернізований двосекційний трамвайний вагон типу КТ4Су*



*Рис.14 - Модернізований трисекційний трамвайний вагон типу КТ4Су*

Реалізація проектів капітальних ремонтів з модернізацією та продовженням терміну експлуатації трамвайного вагона доцільна коли виконується умова

$$\frac{Q_{\text{крп}}}{T_{\text{п}}} + C_{\text{ср}} < \frac{Q_{\text{н}}}{T_{\text{н}}} + C_{\text{ен}},$$

де  $Q_{\text{крп}}$  – вартість капітального ремонту з модернізацією та продовженим терміном експлуатації;

$T_{\text{п}}$  – новий термін експлуатації вагона після капітального ремонту та модернізації;

$C_{\text{ср}}$  – річні витрати на експлуатацію модернізованого вагона з продовженим терміном експлуатації;

$Q_{\text{н}}$  – вартість придбання нового вагона;

$T_{\text{н}}$  – термін експлуатації нового вагона заявлений його виробником;

$C_{\text{ен}}$  – річні витрати на експлуатацію нового вагона.

Нажаль дослідження у цьому напрямку не виконувались і апіорі вважається що зазначена вище умова дотримується. Окремо за-

значимо, що вартість капітальних ремонтів, як правило, визначається обсягом фінансування, який виділяють з місцевого бюджету підприємствам міського електричного транспорту.

В залежності від обсягів фінансування під час капітальних ремонтів виконують заміну:

- мотор-генераторних установок для живлення допоміжних кіл вагону на статичні перетворювачі;
- електричних двигунів постійного струму на двигуни змінного струму;
- контактормо-реостатних систем керування тяговими двигунами на імпульсні;
- приладів освітлення салону на світлодіодні системи освітлення;
- шторних дверей пасажирського салону на двохстулкові;
- пульта керування вагоном на сучасний пульт з віртуальними приладами і системою відеоспостереження за простором в салоні та поза кузовом вагона.

В більшості випадків реалізуються проекти в яких замінюються контактормо-реостатні системи керування тяговими електродвигунами на імпульсні, а також змінюється зовнішній дизайн вагона та застосовуються неметалеві матеріали для зовнішнього оздоблення вагона, а також використовуються сучасні технології закріплення їх на кузові вагона. Модернізація вагонів передбачає і улаштування ділянок салону з низьким рівнем підлоги, щоб сприяти можливості користування трамвайним транспортом людям з обмеженою мобільністю.

В цілому за останні роки підприємствами міського електричного транспорту України оновлено не більше 10 % трамвайних вагонів, що є недостатнім і роботи в цьому напрямку мають бути продовжені.

### **Висновки**

Оновлення парку трамвайних вагонів в Україні здійснюється за двома напрямками: придбання нових вагонів та продовження терміну експлуатації наявних вагонів, з одночасною їх модернізацією.

Вітчизняна промисловість має можливості забезпечення оновлення парку трамвайних вагонів в країні і виготовляє конкурентоспроможні моделі трамвайних вагонів.

Підприємства міського рейкового електричного транспорту, що експлуатують трам-

вайні вагони в умовах відсутності достатніх коштів на придбання нових вагонів, під час капітальних ремонтів здійснюють модернізацію вагонів, з метою продовження їх термінів експлуатації.

Усі ці зміни в конструкції трамвайних вагонів мають на меті покращення їх енергоефективності, комфорту для пасажирів та водія, збільшення привабливості вагона, а також створення можливості користування трамвайним транспортом особам з обмеженою мобільністю і, що не менш важливе, зменшити витрати на експлуатацію трамваїв, зокрема, на їх технічне обслуговування та на придбання електроенергії.

### **Література**

1. Першим електричним трамваєм світ завдячує українцеві (сайт 24TV.UA) [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: [http://24tv.ua/pershim\\_elektrichnim\\_tramvayem\\_svit\\_zavdyachuye\\_ukrayintsevi\\_n635000](http://24tv.ua/pershim_elektrichnim_tramvayem_svit_zavdyachuye_ukrayintsevi_n635000). - Назва з екрану.
2. Транспорт Луганска (сайт про транспортне життя міста) [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: [http://lugansktrams.org.ua/article/read/operedivshie\\_vremya.html](http://lugansktrams.org.ua/article/read/operedivshie_vremya.html). - Назва з екрану.
3. Компанія «Татра-Юг» (сайт підприємства) [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: <http://tatra-yug.com.ua/index.php/uk>. - Назва з екрану.
4. Корпорація «Електрон» (сайт підприємства) [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: <http://electron.ua>. - Назва з екрану.
5. Пат. 33819 Україна, МКПЗ 12-03. Вагон трамвайний типу КТ-4МВ / Мамчур Д.Ю., Дудко В.Б., Дудник Є.Л., Кравченко І.М., Зелінський Р.А., Тютюнник Д.Й. (Україна); заявник та патентовласник КП «Вінницька транспортна компанія». - № s 201600811; заявл. 18.05.2016; опубл. 10.02.2017, Бюл. №3.
6. Пат. 34821 Україна, МКПЗ 12-03. Вагон трамвайний типу КТ-4UA трисекційний / Мамчур Д.Ю., Дудко В.Б., Дудник Є.Л., Кравченко І.М., Зелінський Р.А., Тютюнник Д.Й. (Україна); заявник та патентовласник КП «Вінницька транспортна компанія». - № s 201602168; заявл. 19.12.2016; опубл. 10.07.2017, Бюл. №13.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

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

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

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

## Надійність та менеджмент якості

УДК 629.4.023:620.179

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

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

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

#### **Вступ та постановка проблеми**

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

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

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

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

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

#### **Мета статті**

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