

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. Києва в перевезеннях міським електротранспортом КП «Київський метрополітен» змушений шукати рішення, які є альтернативними придбання 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 моделі 81-714 – проміжний моторний вагон) вважаються наступним етапом розвитку вагонів метрополітену серії Е, Ем, Ема, Емх, Еж, ЕжЗ.

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

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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,

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

на окремих вагонах гнучий 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.	2x4
Конструкційна швидкість, км/год	90
Прискорення, м/с ²	1,1
Уповільнення, м/с ²	1,2
Потужність тягових двигунів, кВт	4x110
Пасажиromісткість (при щільності 10 чол/м ²), 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 експлуатуються 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.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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

Тому загальна оцінка технічного стану металокопструкцій кузовів всіх 15-ти обстежених вагонів є позитивною. Обстежені металокопструкції 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 нахождення 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 об'язі 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 металокопструкції 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 елемента металокопструкції 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 елемента металокопструкції 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 металокопструкції був максимально наближеним до $[n]$, але при цьому його перевищував, приймалося в якості залишкового ресурсу даного елемента металокопструкції.

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

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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

Назва елемента металокопструкції 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 $[n] \geq 1,5$ (див. табл. 2). Для інших елементів металокопструкції кузова значення розрахункового коефіцієнта запасу опору втомі суттєво перевищують [n].

Це свідчить про те, що найменший залишковий ресурс в металокопструкції 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 металокопструкції 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 металокопструкцій 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.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Враховуючи визначений за результатами проведених досліджень 22-річний залишковий ресурс кузовів вагонів метрополітену моделей 81-717/714 та їх модифікацій, що виступили 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 частин, 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 виступили 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 виступили 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. Вагони 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.