

УДК 629.4.014:625.42

DOI: 10/34029/2311-4061-2019-131-2-14-20

Канд. техн. наук Сулим А. О.

Інженер Мужичук С. О.

Канд. техн. наук Хозя П. О.

Інженер Павленко Ю. С.

Ст. наук. співробітник Єжов Ю. В

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ В УКРАЇНІ

Ключові слова: асинхронний привод, вагон, енергозберігаючі технології, поїзд, рухомий склад метрополітену, система рекуперації.

Вступ. Метрополітен є безпечним, надійним, екологічним та економічним транспортом, який забезпечує значну кількість пасажирських перевезень у містах-мегаполісах. Об'єми перевезень пасажирів метрополітену постійно зростають та переважають інший муніципальний транспорт (наприклад, в Києві близько 60 % від загального обсягу міських перевезень припадає на метрополітен) [1]. Тому, в Україні проблема подальшого розвитку метрополітенів залишається важливою в її практичній реалізації.

На даний час в Україні діє три метрополітени (Київський, Харківський, Дніпровський). Комунальне підприємство (КП) «Київський метрополітен» налічує 3 лінії та 53 станції, КП «Харківський метрополітен» – 3 лінії та 30 станцій, КП «Дніпровський метрополітен» – 1 лінію та 6 станцій. Загальна довжина діючих колій вітчизняних метрополітенів складає 116 км. В Україні цей вид транспорту щорічно перевозить приблизно 730 млн. пасажирів та має в експлуатації 1194 вагонів різних виробників [2].

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в метрополітені залишається достатньо невирішених питань. Перш за все, це питання розвитку та оновлення вагонів метрополітену, підвищення енергоефективності і покращення ресурсозбереження на рухомому складі.

Так, завдання Державної програми розвитку нового рухомого складу міського електротранспорту (Постанова КМУ № 992 від

01.07.1998 р.) та Державної програми будівництва і розвитку мережі метрополітенів на 2011-2020 рр. (Постанова КМУ № 1437-р від 12.07.2010 р.) виконані лише частково. Тому на даний час питання розвитку та оновлення рухомого складу метрополітену є досить актуальним і потребує своєчасного вирішення.

Мета дослідження – аналіз стану існуючого парку рухомого складу вітчизняного метрополітену та основні напрямки його розвитку і оновлення.

Основний матеріал досліджень. Поточний експлуатаційний парк вітчизняного метрополітену складається з вагонів моделей серії Є та їх модифікацій (Єж, Єж1, Єж3, Єм-501, Єма-502, Єм-508Т), а також вагонів моделей 81-714, 81-717, 81-718, 81-719, 81-714.5М, 81-717.5М, 81-540.2к, 81-541.2к, 81-540.3к, 81-541.3к, поїзд «Славутич» (вагони моделей 81-553.1, 81-554.1, 81-555.1), вагонів українського виробництва 81-7021, 81-7022, 81-7036, 81-7037, 81-7080, 81-7081, 81-7081-01, 81-710.1. Експлуатаційний парк КП «Київський метрополітен» налічує 823 вагони, КП «Харківський метрополітен» – 326 вагонів, КП «Дніпровський метрополітен» – 45 вагонів. Це передусім вагони моделей типу Є та їх модифікацій, а також вагони моделей 81.717/714, з терміном експлуатації понад 35 років, які обладнані двигунами постійного струму послідовного збудження з релейними системами керування. Такі вагони є неекономічними та малоефективними, які за технічними показниками значно поступаються сучасним інноваційним вагонам [1, 2].

Вагони метрополітену моделей 81-717/714 (81-717 – головний моторний вагон, 81-714 – проміжний моторний вагон) вважаються наступним етапом розвитку вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій. Зазначені вагони, на відміну від попередніх, замість літерного позначення серії отримали заводське номерне позначення: «81-717», «81-714», яке носить назву «модель».

Слід зазначити, що вагони метрополітену серії Є та їх модифікацій, а також вагони моделей 81.714/717 добре себе зарекомендували в експлуатації. Навіть після 35-45 років експлуатації металоконструкції їх кузовів знаходяться в цілому у задовільному технічному стані. Тріщини їх несучих елементів практично відсутні, корозійні пошкодження

незначні. Це дало підставу очікувати, що металоконструкції кузовів таких вагонів можуть мати значний залишковий ресурс та можливість продовження терміну їх експлуатації.

Зазначені очікування були підтверджені результатами науково-експериментальних досліджень залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену серії Є та вагонів моделей 81-714/717, проведених фахівцями ДП «УкрНДІВ» у 2011 та у 2018 роках. За результатами вказаних досліджень було визначено, що металоконструкції кузовів вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій, що знаходяться в експлуатації біль-

ше 45 років та вагони моделей 81-714/717, що експлуатуються в умовах КП «Київський метрополітен» майже 40 років, мають залишковий ресурс від 20 до 22 років відповідно. Отримані результати досліджень стали підставою для прийняття рішень про модернізацію з продовженням терміну експлуатації вагонів метрополітену серії Є і їх модифікацій та вагонів моделей 81-714/717 інвентарного парку КП «Київський метрополітен».

Загальний вигляд поїздів, які складаються з вагонів моделей серії Є та 81-714/717 зображено на рисунках 1 і 2.



Рис. 1 – Загальний вигляд поїзда, який складається з вагонів серії Є



Рис. 2 – Загальний вигляд поїзда, що складається з вагонів моделей 81-714/717

Вищезазначене свідчить про те, що на даний час в Україні мають право на існування два напрямки оновлення рухомого складу метрополітенів:

- придбання нових вагонів на зміну морально та фізично застарілих;
- продовження терміну експлуатації існуючих вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій, а також вагонів моделей 81.717/714.

В останні роки, з метою скорочення споживання електроенергії на тягу та покращення ресурсозбереження, метрополітенами України поступово вводиться в експлуатацію як новостворений, так і модернізований рухомий склад.

У 2004 році в КП «Київський метрополітен» було введено в експлуатацію перший поїзд з асинхронним тяговим електроприводом, мікропроцесорною системою управління та можливістю реалізації рекуперативного гальмування, який отримав назву «Славутич». У порівнянні з вагонами моделей 81-717/714 вагони поїзда «Славутич» мають збільшену потужність тягових двигунів з 110 до 170 кВт, на 30 % знижено їх енергоспоживання. За рахунок застосування асинхронних тягових електродвигунів і транзисторного силового обладнання забезпечується більш висока надійність вагонів, зменшення витрат на техобслуговування і ремонт на 20 %, збільшення термінів служби і міжремонтних пробігів двигунів та іншого обладнання. Вагони мають більш плавний хід та менший рівень шуму. Поїзд створено АТЗТ «Вагонмаш», при тісному співробітництві з холдинговою компанією «Група Дедал», підприємствами «Шкода ДТ» і «УніКонтролз» (Чехія) та КП «Київський метрополітен». Поїзд «Славутич» складається з вагонів трьох типів: 81-553 – головний моторний вагон; 81-554 – проміжний моторний вагон; 81-555 проміжний причіпний вагон та існує лише в одному екземплярі в КП «Київський метрополітен» і на даний час не експлуатується.

Загальний вигляд поїзда «Славутич» зображено на рисунку 3.



Рис. 3 – Загальний вигляд поїзда «Славутич»

У 2005 році флагманом вітчизняного вагонобудування – ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (далі – ПАТ «КВБЗ») у тісній співпраці з КП «Київський метрополітен» вперше були розроблені вітчизняні вагони метрополітену та розпочато їх виробництво. Результатом плідної співпраці ПАТ «КВБЗ», КП «Київський метрополітен», ДП «УкрНДІВ» та інших організацій стало введення в експлуатацію у 2010 році першого вітчизняного поїзда метрополітену з вагонів моделей 81-7021 і 81-7022. На даний час на Сирецько-Печерській лінії експлуатуються 30 вагонів цих моделей. При цьому основними перевагами вагонів вітчизняного виробництва є наступне:

- обладнання кабіни машиніста кондиціонером;
- використання сучасних комплектуючих та агрегатів в системі керування потягом;
- обладнання підвагонного устаткування сучасною протипожежною системою «Ігла»;
- застосування більш сучасної конструкції притульнозсувних дверей пасажирських салонів, які окрім захисту від пилу та вологи забезпечують підвищену шумоізоляцію;
- застосування вікон з вакуумних склопакетів – для надійної та ефективної тепло- і звукоізоляції пасажирських салонів;
- обладнання пасажирських салонів системою примусової вентиляції;
- використання більш раціональних конструкцій поручнів, з оптимальним їх розміщенням в пасажирському салоні;
- передбачення місць для розташування пасажирів в інвалідних колясках у головних вагонах;

- пасажирські крісла мають ергономічну конструкцію та виконані в антиван-дальному варіанті, а їх розміщення та кріплення забезпечують зручність в обслуговуванні та прибиранні вагонів;

- вагони пофарбовані двокомпонентними акрил-поліуретановими фарбами, що, окрім захисту кузова від корозії, надає вагонам привабливого та сучасного вигляду;

- використані в конструкції вагонів неметалеві матеріали мають всі необхідні пожежні та гігієнічні сертифікати.

Зовнішній вигляд поїзда метрополітену, що складається з нових вагонів моделей 81-7021 і 81-7022 зображено на рисунку 4.

У 2010 році ПАТ «КВБЗ» були виготовлені перші дослідно-промислові зразки трьох

вітчизняних вагонів метрополітену з асинхронним тяговим приводом та мікропроцесорною системою управління, з можливістю реалізації режиму рекуперативного гальмування (головний вагон поїзда – 81-7036, проміжний – 81-7037). За результатами проведених приймальних випробувань членами міжвідомчої комісії прийнято рішення щодо можливості серійного виробництва зазначених моделей вагонів. З 2015 року новостворений вітчизняний поїзд експлуатується в КП «Харківський метрополітен». Загальний вигляд першого вітчизняного поїзда з асинхронним приводом, зображено на рисунку 5.



Рис. 4 – Загальний вигляд поїзда, що складається з вагонів моделей 81-7021 і 81-7022



Рис. 5 – Загальний вигляд поїзда, що складається з вагонів моделей 81-7036, 81-7037

У 2010 році КП «Київський метрополітен» виконано закупку та введено в експлуатацію поїзди, що складаються з вагонів моделей 81-540.2к/81-714.5М, виробництва АТЗТ «Вагонмаш» та ВАТ «Метровагонмаш» (м. Санкт-Петербург, м. Митищі, Російська Федерація). Вагони цих поїздів мають сучасний інтер'єр та екстер'єр, однак обладнані тяговими двигунами постійного струму типу ЕДМ-114 потужністю 110 кВт та релейною системою управління, які є малоефективними. Загальний вигляд поїзда, який складається з вагонів моделей 81-540.2к/81-714.5М виробництва АТЗТ «Вагонмаш» та ВАТ «Метровагонмаш», наведено на рисунку 6.

У 2013 році розпочато роботи комплексної модернізації вагонів типу Є та їх модифікацій шляхом заміни тягових двигунів постійного струму на асинхронний електропривод. Роботи виконувалися ПАТ «КВБЗ», за участі як вітчизняних так і іноземних компаній (TOSHU, KNORR-BREMSE, Fuji-Electric, Mitsubishi electric Co., Хартрон-Експрес ЛТД та інші). На даний час в КП «Київський метрополітен» за цим проектом модернізовано та експлуатується 135 вагонів. Загальний вигляд модернізованих поїздів наведено на рисунку 7.



Рис. 6 – Загальний вигляд поїзда, що складається з вагонів моделей типу 81-540.2к/81-714.5М



Рис. 7 – Загальний вигляд поїздів, що складаються з вагонів моделей 81-7080, 81-7081, 81-7081-01

У 2016 році в КП «Харківський метрополітен» розпочато роботи з модернізації експлуатованих вагонів типу Є. В ході модернізації виконано заміну електрообладнання, однак замість встановлення асинхронного приводу встановлено колекторні тягові двигуни без можливості рекуперації енергії в контактну мережу. Модернізовані вагони отримали номер моделі 81-710.1 (як головні, так і проміжні). У 2017 році поїзд розпочав експлуатацію з пасажирями. Загальний вигляд поїзда, який складається з вагонів моделей 81-710.1 зображено на рисунку 8.



Рис. 8 – Загальний вигляд поїзда, що складається з вагонів моделі 81-710.1

Головними відмінностями розглянутого рухомого складу (рис. 3-8) є покращений інтер'єр та екстер'єр, впровадження на ньому енергозберігаючого обладнання, створення

умов для перевезення осіб з особливими потребами. Перевагами новоствореного та модернізованого рухомого складу з асинхронним приводом (рис. 3, 5, 7) є скорочення витрат електричної енергії на тягу, зменшення обсягів викидів парникових газів, підвищення плавності руху поїздів, підвищення надійності роботи електр-ричного обладнання вагонів і зменшення обсягів необхідних регламентних робіт та технічного обслуговування. За результатами досліджень [1, 3] відомо, що впровадження асинхронного електроприводу, мікропроцесорних систем управління та систем рекуперації на рухомому складі метрополітену дозволяє скоротити до 40 % електроенергії, що витрачається на тягу, а також в цілому зменшити енергоспоживання в метрополітені на 5-8 %. В цілому, за останні роки комунальними підприємствами України оновлено не більше 15 % парку вагонів метрополітену, що є недостатнім і роботи в цьому напрямку мають бути продовжені [1, 2].

За результатами аналізу виконаних вітчизняних і іноземних досліджень [4-13] встановлено, що основними напрямками подальшого розвитку та вдосконалення рухомого складу метрополітену є заходи щодо підвищення безпеки руху, впровадження енергозберігаючих та інформаційних технологій, підвищення комфортності для машиністів і пасажирів. Серед необхідних основних заходів слід виділити наступні: впровадження інтелектуальних систем керування поїздом, підвищення використання електроенергії рекуперативного гальмування шляхом застосування накопичувачів енергії, виготовлення кузовів вагонів з нержавіючих композитних матеріалів. За різними оцінками спеціалістів від впровадження зазначених заходів існують резерви заощадження електроенергії на рівні 10-30 % від тієї що споживається на тягу.

Висновки

Узагальнений аналіз існуючого стану парку рухомого складу вітчизняного метрополітену та основних напрямків його розвитку і оновлення дозволили встановити наступне:

1. Оновлення парку вагонів метрополітену в Україні здійснюється за двома напрямками:

придбання нових вагонів та продовженням терміну експлуатації існуючих вагонів, з одночасною їх модернізацією.

2. Вітчизняна промисловість має можливості забезпечення оновлення парку вагонів метрополітену в країні і виготовлення сучасних інноваційних моделей вагонів метрополітену, які не поступаються світовим аналогам.

3. Зміни в конструкції новостворених та модернізованих вагонів метрополітену направлені на покращення їх енергоефективності, підвищення комфорту для пасажирів і машиністів, збільшення привабливості вагонів, зменшення витрат на їх експлуатацію і технічне обслуговування, а також на створення можливостей користування рухомим складом особам з обмеженою мобільністю.

4. Основними напрямками подальшого розвитку та вдосконалення рухомого складу метрополітену є підвищення безпеки руху і зниження споживання електроенергії на тягу, шляхом впровадження енергозберігаючих та інформаційних технологій, застосування сучасних композитних матеріалів з метою зменшення ваги вагонів.

Література

1. Комунальне підприємство «Київський метрополітен» (офіційний сайт) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.metro.kiev.ua>. Назва з екрану.

2. Метрополітени України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метрополітени_України. Назва з екрану.

3. Донченко А.В. Дослідження енергоефективності модернізованого поїзда метрополітену виробництва ПАТ «КВБЗ» / А.В. Донченко, С. О. Мужичук, А. О. Сулим, П. О. Хозя, О. О. Мельник // Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». – Кременчук, 2015. – Вип. 12. – С. 48–56.

4. Sone S. Экономия энергии на рельсовом транспорте Японии / S. Sone // Железные дороги мира. –2013. – № 8. – С. 47–53.

5. Шевлюгин, М.В. Снижение расхода электроэнергии на движение поездов в Мос-

ковском метрополитене при использовании емкостных накопителей энергии / М.В. Шевлюгин, К.С. Желтов // НТТ – Наука и техника транспорта. – 2008. – Вып. № 1. – С. 15–20.

6. Allègre, A.-L. Energy Storage System With Supercapacitor for an Innovative Subway / A.-L. Allègre, A. Bouscayrol, P. Delarue, P. Barrade, E. Chattot, S. El-Fassi // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – Vol. 57. – Issue 12. – 2010. – P. 4001–4012.

7. Barrero, R. Improving energy efficiency in public transport: Stationary supercapacitor based Energy Storage Systems for a metro network / R. Barrero, X. Tackoen, J. Van Mierlo // Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008. VPPC '08. IEEE. – P. 1–8.

8. Shimada, M. Energy storage system for effective use of regenerative energy in electrified railways / M. Shimada, R. Oishi, D. Araki // Hitachi Review. – 2010. – № 59 (1). – P. 33–38.

9. Кузнецов В.Г. Анализ резервов энергосбережения при внедрении системы рекуперации энергии на поездах Днепропетровского метрополитена / В.Г. Кузнецов, О.И. Саблин, П.В. Губский, Е.Г. Колыхаев // Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. Нац. гірничого ун-ту. – Дніпропетровськ, 2015. – № 95. – С. 68–73.

10. Донченко А.В. Аналіз питань енергозбереження та енергоефективності під час експлуатації рухомого складу метрополітену / А.В. Донченко, А.О. Сулим, О.С. Сіора [та ін.] // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізничного трансп. – 2016. – № 3(63). – С. 108–119.

11. Баранов Л.А., Ерофеев Е.В., Мелешин И.С., Чинь Л.М. Оптимизация управления движением поездов / под ред. доктора технических наук Л.А. Баранова. – М.: МИИТ, 2011. – 164 с.

12. Голынский А.П., Жданович А.Б. Автоведение поездов метрополитена – базовая функция системы «Движение» / А.П. Голынский // Транспорт Российской Федерации. «Системы и средства автоматизации». – Санкт-Петербург, 2011. – Вып. № 3 (34)/2011. Часть 3. – С. 44 – 45.

13. Гладких І.В. Інновації від Innotrans. Аналітичний огляд / І.В. Гладких, А.О. Су-

лим // Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». – Кременчук, 2018. – Вип. 17. – С. 87–101.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Сулим Андрій Олександрович,

к.т.н., заступник директора з наукової роботи ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»).

Вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, 39621, Україна.

Тел.: +38 096 799 01 58.

E-mail: sulim1.ua@gmail.com.

Мужичук Сергій Олександрович,

головний конструктор вагонів метрополітену ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод».

Вул. І. Приходька, 139, м. Кременчук, 39621, Україна.

Тел.: +38 067 535 64 96.

E-mail: zgk_metro@kvsz.com.

Хозя Павло Олександрович,

к.т.н., завідувач науково-дослідної лабораторії ДП «УкрНДІВ».

Вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, 39621, Україна.

Тел.: +38 067 736 68 20.

E-mail: pavlo.khozia@gmail.com.

Павленко Юрій Сергійович,

завідувач науково-дослідної лабораторії ДП «УкрНДІВ».

Вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, 39621, Україна.

Тел.: +38 096 873 62 92.

E-mail: usp.mmm.un@gmail.com.

Єжов Юрій Віталійович,

старший науковий співробітник ДП «УкрНДІВ».

Вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, 39621, Україна.

Тел.: +38 098 293 97 83.

E-mail: ukrndiv.lab4.1@gmail.com.