

УДК 629.423

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.89

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОАВТОБУСІВ У М. ХАРКІВ

Зінченко О. І.¹, Крахмальов О. В.¹, Островерх О. О.¹, Краснокутський В. М.¹,
Разарьонов Л. В.²

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Аналізуються головні характеристики електричних автобусів з точки зору енерго-ефективності, екологічності, зручності для пасажирів. Це дає змогу говорити про перевагу екологічних транспортних засобів перед транспортними засобами на традиційному виді палива. Розглядаючи питання раціонального використання електроавтобусів у містах, можна посилатись на позитивний досвід європейських міст. Все більше і більше розвинутих країн всього світу використовують на міській мережі екологічний транспорт. На прикладі розглянутих польських міст, зокрема міста Катовіце, простежується позитивна тенденція збільшення числа електричних автобусів на транспортній мережі міста, що дає змогу говорити, що місто Харків також має великий технічний потенціал для впровадження електричних автобусів у міську маршрутну мережу.

Ключові слова: електричний автобус, дизельний автобус, гібридний автобус, заряд батареї, електрична мобільність, енергоефективність.

Вступ

Сьогодні в Європі викиди парникових газів, які виникають від експлуатації транспортних засобів, становлять 25 % загальних викидів парникових газів, з яких міські автобуси складають 8 % на пасажиро-кілометр [1]. Модернізація автомобільних парків до екологічно чистих технологій – це завжди можливість для міст покращити якість транспорту та зменшити викиди забруднюючих речовин, незважаючи на обрану технологію (експлуатація дизельних, бензинових автобусів вищого стандарту чи перехід на електричні автобуси). Електричні автобуси є частиною цього оновлення для модернізації транспортної мережі та покращення якості повітря у великих містах.

Для досягнення мети щодо скорочення викидів транспортних засобів багато європейських міст розробляють транспортні стратегії, розглядаючи електричну мобільність та електричні автобуси для своїх мереж громадського транспорту. Ці стратегії є частиною зусиль міст покращити якість повітря, зробити міста більш здоровими місцями для проживання. Крім позитивного місцевого впливу електричних автобусів на якість повітря у містах, ці зміни мають інфраструктурний вплив на міський простір та організацію транспортної мережі. Впливи залежать від обраної технології та рівня впровадження. Переосмислення інтерфейсу між автобусною

та міською інфраструктурою може привести до кращої інтегрованої мобільності та підвищення якості життя у містах.

В Україні міські автобуси щодня долають шлях близько 200–250 км. Постає питання необхідності впровадження для міст екологічних автобусів, що будуть виконувати той самий пробіг, але не завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Високе споживання викопного палива, що призводить до зростання цін на нафту, викиди парникових газів, енергетична безпека та проблема глобального потепління – це саме ті чинники, які заохотили мегаполіси використовувати сучасні технології у транспортному секторі міста. Саме електричні транспортні засоби є перспективним рішенням, яке подолає перелічені проблеми. Вони швидким темпом з'являються на ринку транспортних засобів.

Міський транспорт в Україні має слабкий характер у загальній системі перевезення людей та вантажів; причиною того є низька ефективність діяльності, пов'язаної з міською мобільністю, яка здійснюється на місцевому або регіональному рівні. У декількох містах України вже починають з'являтися електричні автобуси у транспортній мережі, однак потрібно збільшувати відсоток екологічних автобусів, слід розробляти певні концепції та стратегії щодо збільшення такого виду транспорту, прораховувати моделі за-

лежності технічних, економічних та екологічних зв'язків, які дозволять правильно вибрати маршрут для конкретного екологічного автобуса.

Під час експлуатації електричних автобусів не тільки зменшується залежність від викопного палива, але й усуваються місцеві викиди небезпечних речовин у навколишнє середовище, зменшується рівень шуму та вібрації, збільшується енергоефективність міста.

Концепції щодо впровадження електричних автобусів повинні враховувати стан загальної інфраструктури міста, відповідний рівень електропостачання, енергетичну систему автобусів, систему зарядних пристроїв, щоб можна було чітко оцінити загальну експлуатаційну вартість.

Основна частина

Місто Харків має потенційну привабливість для впровадження у транспортну мережу міста електричних автобусів.

Перше, що потрібно врахувати при побудові мережі для електроавтобусів – це можливість енергетичних мереж забезпечити потрібну потужність для зарядження автобусів. Враховуючи це, можна вибирати маршрут та знати кількість і можливість встановлення зарядних станцій та кількість можливих автобусів на маршруті. Для живлення парків електричних автобусів потрібні підсилення мережі для підтримки зарядки. Використання існуючої електричної інфраструктури з трамвайних підстанцій або метрополітену може представляти потенціал для електричних автобусів. Скориставшись транспортними вузлами на залізничних станціях або на головних станціях метро або трамваїв, використовувати їх як центральні пункти підзарядки декількох автобусних ліній, що дасть змогу одержати значну грошову вигоду.

При виборі конкретного маршруту для впровадження електричних автобусів у місті Харків треба враховувати наступні аспекти:

- середній і максимальний пробіг у день;
- планування обслуговування (частота, час зупинки, час зарядки в депо та / або на станціях швидкої зарядки);
- лінійний маршрут та топографію;
- положення автобусних депо та положення обладнання для встановлення майбутньої зарядки;
- наявність джерела живлення для зарядного обладнання;
- кліматичні умови [2].

По-перше, електричні міські автобуси мають потенціал для зниження місцевих викидів вуглецевого сліду і шуму в історичному центрі міста і не тільки. Саме в центрі міста впровадження електричних автобусів буде більш доцільним, адже саме у центральній частині міста концентрується більша кількість заторів. Автобуси, стоячи у заторах, постійно приводять двигун у дію та навпаки, що викликає викиди вуглецю та інших шкідливих речовин у повітря.

По-друге (щодо закупки електричних автобусів для міста), абсолютно не обов'язково брати в експлуатацію європейські марки автобусів, ціна яких не завжди є привабливою. В Україні є декілька розробок електричних автобусів.

Наприклад, у Львові з'явився електричний автобус «Електрон» моделі E19101 (рис. 1); місткість автобуса до 100 пасажирів, максимальна швидкість – 70 км/год., запас ходу – 200 км. Такий електроавтобус може використовуватися на міських та приміських маршрутах [3].



Рис. 1. Львівський електробус «Електрон» моделі E19101

Також є проект із польською стороною: муніципалітет міста Люблін у Польщі планує за підсумками успішних випробувань українського електробуса «Богдан А70100» повністю відмовитися від звичайних міських автобусів із двигунами внутрішнього згоряння на головних маршрутах міста (рис. 2). Український автозавод розробляв кузов електробуса, а його дооснащенням займалася вже польська фірма, яка обладнала його системою швидкої зарядки.

Електроавтобус «Богдан А70100» – міський низькопідлоговий електроавтобус, довжина якого складає 11,96 м, загальна пасажиромісткість – 90 чол., є 26 місць для сидіння.



Рис. 2. Електроавтобус «Богдан А70100» у м. Люблін

Електроавтобус оснащений Li-Ion батареєю акумуляторів та синхронним тяговим двигуном на постійних магнітах [3].

Характеристики електроавтобусів (вартість, місткість, габаритні розміри)

Електричний автобус – це інноваційний міський пасажирський транспортний засіб. Зазначений вид транспорту є привабливим для громадського транспорту та покращує міський пейзаж, представляючи новий сучасний міський об'єкт.

Електричні автобуси працюють із різними ступенями електризації, які залежать від конфігурації рухової системи.

Існують наступні конфігурації рухової системи:

- гібридні електричні автобуси (hybrid electric bus (HEB)), які генерують електроенергію під час роботи автобуса за допомогою дизельного двигуна;

- електричні автобуси з паливними елементами (fuel cell electric bus (FCEB)), які використовують водневі паливні елементи для одержання електричної енергії під час роботи автобуса;

- акумуляторні електричні автобуси (battery electric bus (BEV)), які зберігають електричну енергію в автобусі. Їх заряджають протягом ночі, або з перервами протягом усього маршруту.

За винятком паралельного гібрида, всі системи мають центральну концепцію: рухова енергія є похідним від системи електричної тяги приводу. Основною відмінністю між цими технологіями є джерело живлення для електричного двигуна. На рис. 3 наведено визначальні компоненти різних типів електричних автобусів [4].

Гібридна електрична технологія використовує як двигуни внутрішнього, так і електричного згорання в різних конфігураціях, щоб забезпечити сили приводу коліс.

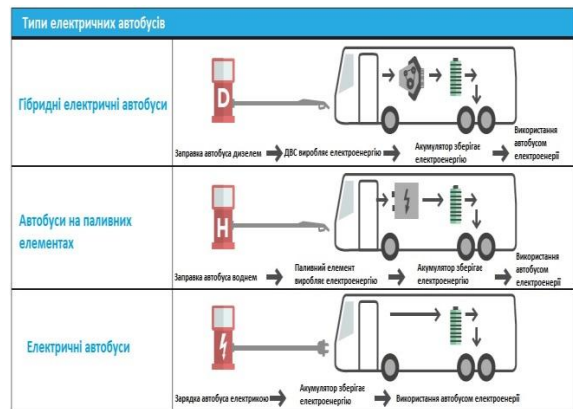


Рис. 3. Визначальні компоненти різних типів електричних автобусів

Гібридні електричні автобуси мають дві серії та паралельні типи, що показано на рис. 4 та 5. У паралельному гібриді двигун приводить у дію вісь приводу та генератор, який може заряджати акумуляторну батарею або безпосередньо вести вісь. Двигун згорання та електродвигун підключені до трансмісії незалежно. Електродвигун розроблений для забезпечення енергії під час зупинки та руху в режимі руху, коли на швидкості по шосе автобус працює виключно від двигуна внутрішнього згорання. Крім того, завдяки процесу, який називається регенеративним розривом, енергія, втрачена внаслідок гальмування, відновлюється та використовується для зарядки акумулятора.

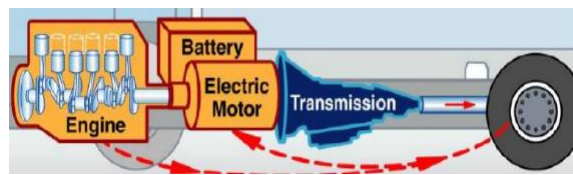


Рис. 4. Конфігурація електричного автобуса паралельного гібриду [5]

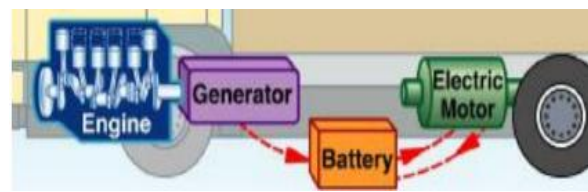


Рис. 5. Конфігурація серійних гібридних електричних автобусів [5]

У серійному гібриді немає механічного зв'язку між двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) та ведучою віссю. Двигун працює на генераторі, який заряджає акумулятор. Елек-

троенергія приводить у дію двигун, який повертає колеса транспортного засобу. Оскільки ДВЗ не підключений до коліс, він може працювати з оптимальною швидкістю і навіть може бути відключений на короткий проміжок часу для тимчасової електричної роботи автобуса.

Автобус на паливних елементах

Технологія паливних елементів – це альтернативний метод електрифікації автобусів. Технологія паливних елементів основана на живленні електродвигуна електроенергією, виробленою з викопного палива [6]. На відміну від звичайного ДВЗ, при якому паливо спалюється для створення динамічного руху, технологія паливних елементів виробляє електроенергію з палива за допомогою електрохімічного процесу. Цей процес перетворює хімічну енергію, що зберігається в паливних елементах, в електричну. Технологія паливних елементів може бути налаштована за допомогою електричної батареї в гібридному режимі або в якості основного джерела живлення електричного двигуна, як показано на рис. 6.

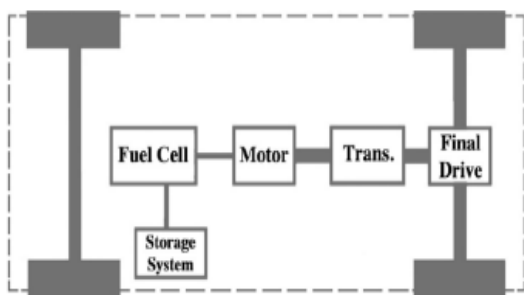


Рис. 6. Конфігурація електричних автобусів з паливними елементами [7]

Акумуляторний електричний автобус живиться від електроенергії, яка зберігається в пакеті батареї. Він функціонує у двох формах: «слухна нагода» та «ніч». Відмінності між двома типами залежать від дальності та часу зарядки. Акумуляторний електричний автобус типу «слухна нагода» має менший пакет можливостей, який пропонує обмежений діапазон (20–30 миль), а повний заряд (80 – 100 %) можна досягти протягом 5–10 хв. На відміну від цього, акумуляторний електричний автобус типу «ніч» містить порівняно більший пакет акумуляторів з діапазоном до 200 миль і значно більшим часом зарядки (2–4 год) [6]. Конфігурація акумуля-

торного електричного автобуса представлена на рис. 7.

В табл. 1. надана порівняльна характеристика різних типів автобусів.

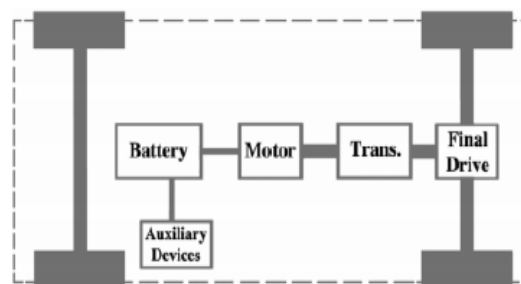


Рис. 7. Конфігурація акумуляторного електричного автобуса [7]

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика різних типів автобусів

Характеристика	Дизельний автобус	Гібридний автобус	Електричний автобус
	Urbino 12	Urbino Hybrid 12	Urbino Electric 12
1	2	3	4
Кількість місць для сидіння, од.	27–44	max 37	max 37
Довжина, мм	12000	12000	12000
Ширина, мм	2550	2550	2550
Висота, мм	2850	3300	3300
Маса повного автобуса, кг	18000	16200	18500
Вартість, \$	138000	188000	370000
Розмір паливного бака, л.	720	420	
Час зарядки			3–6 год.
Максимальна потужність, кВт	290 к.с.	290 к.с. 44кВт батарея	180 кВт
Тип батареї		Літій-іонні акумулятори	Літій-іонне залізо
Рівень шуму, ДБА	85–90	85–90	55–60

Габаритні розміри електроавтобусів представлені на рис. 8–10 [8]. Вартість електричного автобуса залежно від марки становить до 500 000 €. Термін служби (час амортизації) електричних автобусів, у залежності від моделі, становить 12 років.

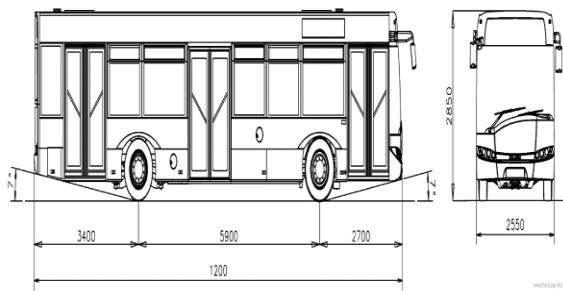


Рис. 8. Габаритні розміри електроавтобуса Solaris Urbino 8.9 LE electric

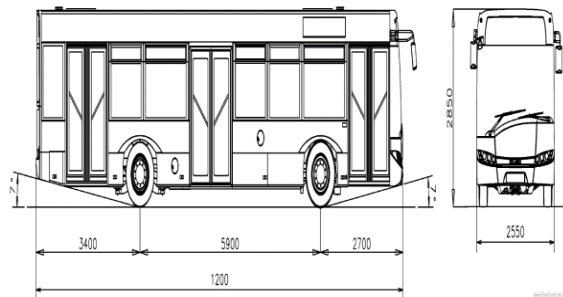


Рис. 9. Габаритні розміри електроавтобуса Solaris Urbino 12 electric

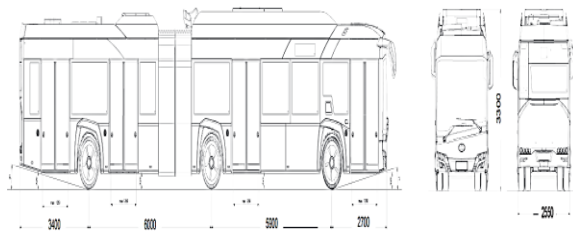


Рис. 10. Габаритні розміри електроавтобуса Solaris Urbino 18 electric

Основний показник, який характеризує вартість електричного автобуса, є його ціна заміни батареї, в залежності від терміну служби батареї й вартості заміни. Ключовим фактором тривалості життя батареї є кількість циклів розряду і заряду, що акумулятор може витримати, перш ніж вона втрачає певний відсоток від номінальної потужності. Максимальний цикл батареї визначається на основі глибини розряду в кожному циклі й за відсотком ємності, який втрачається. Цикли батареї електричних автобусів складають приблизно 2000 циклів [9].

Існуючі маршрути електроавтобусів у містах Польщі (зокрема в м. Катовіце) та їх характеристики

Часом на січень 2020 року у транспортному парку РКМ (комунальна компанія) міста Катовіце знаходиться 260 автобусів. Серед-

ній вік транспортних засобів – шість років, але майже половину придбано за останні три роки. Загалом найбільша транспортна компанія в Катовіце придбала 90 автобусів, що відповідають стандарту викидів вихлопів EURO 6, і десять електричних автобусів. Традиційні транспортні засоби були закуплені в рамках проекту ЄС, реалізація якого коштувала близько 100 мільйонів злотих, з яких 85 мільйонів злотих було повністю профінансовано. Тоді як закупівля електроавтобусів здійснюється під так званими «Інтегрованими територіальними інвестиціями»; у цьому випадку співфінансування склало 11,26 мільйонів злотих.

В першу чергу електричні автобуси обслуговують маршрути у центрі міста: 10, 12 та 910. Зрештою, вони також обслуговуватимуть маршрути 37, 109, 110, 115, 193, 632, 673, 297.

Вибір маршруту визначався насамперед можливістю підзарядки автобусів у кінцевих вузлах (проміжок між окремими маршрутами), довжиною маршруту, низькою швидкістю зв'язку (що пов'язано з високим згорянням автобусів із дизельним двигуном) та маршрутом через центр Катовіце. З іншого боку, випробування транспортних засобів також мають проходити на більш тривалих маршрутах ліній 657 та 689.

Дальність руху автобусів становитиме від 50 до 70 кілометрів. Зарядні пристрої, на яких можна заряджати їх акумулятори, розташовані на парковці в торговому центрі 3 Stawy та на базі РКМ за адресою вул. Міцкевича, 59.

Електричні автобуси оснащені USB-зарядними пристроями та безкоштовною мережею WiFi для пасажирів. В автобусах є опалення, двозонне кондиціонування та моніторинг. Транспортні засоби мають низьку підлогу, освітлену платформу і навіть написи на шрифті Брайля на кнопках для незрячих пасажирів. Електричні автобуси сприятимуть зменшенню рівня шуму та зменшенню викидів у місті.

Початковий план впровадження електричних автобусів у мережу міста полягав у тому, щоб витратити близько чотирьох годин у дорозі, потім зарядити електричний автобус, а потім назад у дорогу протягом чотирьох годин роботи на маршруті.

Автобуси оснащені тяговими акумуляторами потужністю 120 кВт / год, що дозволяють пройти відстань близько 70 км для транспортних засобів особливо великої місткості. Час, необхідний для повної зарядки акумулятора, становить близько 90 хвилин за допо-

могою мобільного зарядного пристрою та близько 40 хвилин у випадку надшвидкого зарядного пристрою для пантографа. РКМ Катовіце обрала рішення, що базується на так званому перевернутому пантографі, що означає, що автобуси оснащені колекторними рейками, що, у свою чергу, дозволяє їм зменшити вагу і тим самим збільшити пасажиромісткість [11].

Один із перших електричних автобусів був введений в експлуатацію на маршруті 910, який включає центр та житловий масив Падеревського (Paderewskiego). На маршруті експлуатуються електричні автобуси марки Urbino 12 electric, Urbino 18 electric.

На рис. 11, 12 наведено схему маршруту 910 та схему маршруту з усіма зупинками.

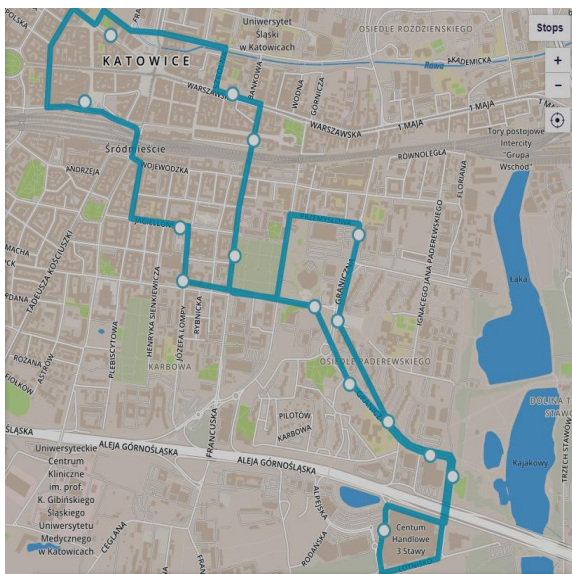


Рис. 11. Схема маршруту 910

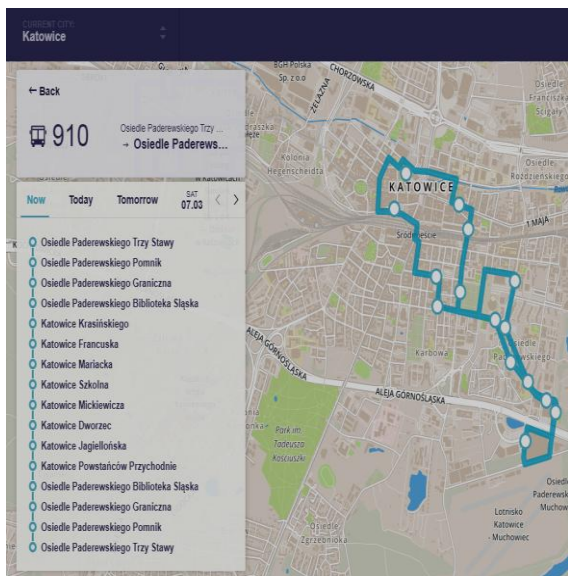


Рис. 12. Схема маршруту 910 з усіма зупинками

Маршрут 910 є кільцевим, налічує 10 та 7 зупинок у прямому та зворотному напрямках (рис. 13, 14).

На рис. 15, 16 наведено зовнішній та внутрішній вигляд електричного автобуса маршруту 910.

Для зручності пасажирів майже на кожній зупинці маршруту встановлені електронні табло з розкладом автобусів.

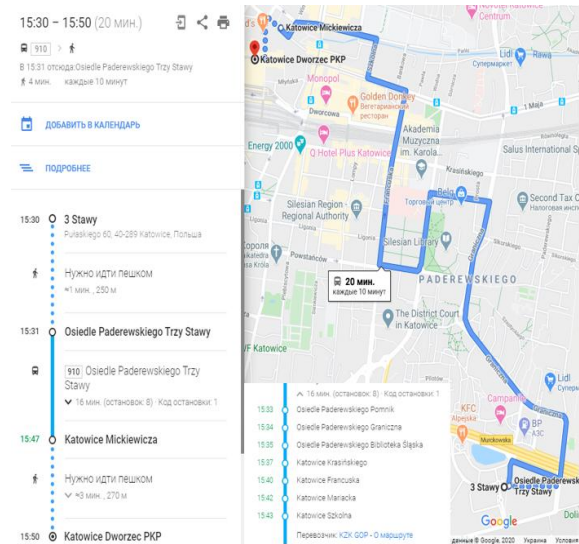


Рис. 13. Схема маршруту 910, напрямом 3 Stawy – Katowice Dworzec

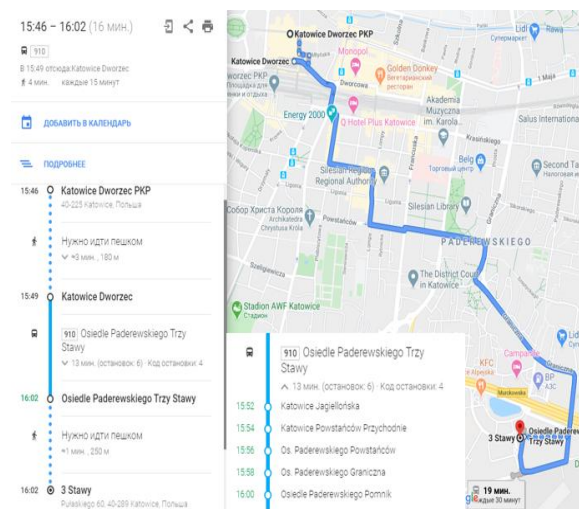


Рис. 14. Схема маршруту 910, напрямом Katowice Dworzec – 3 Stawy

Великою перевагою електричних автобусів є комфорт для пасажирів: ніяких ривків, автобус курсує дуже тихо, тому пасажир надають перевагу саме електричним автобусам, бо саме в них відчують себе більш комфортно та не втомлюються за час поїздки.

Всі електричні автобуси у місті Катовіце оснащені наступним обладнанням:

- функція «на колінах», що активується водієм під час зупинки електричного автобуса, що дозволяє знизити вхідні сходи як мінімум на 60 мм;



Рис. 15. Зовнішній вигляд електричного автобуса маршруту 910



Рис. 16. Внутрішній вигляд електричного автобуса маршруту 910

- безступінчастий вхід у пасажирські двері, рівна підлога, без поперечних сходів у салоні автобуса, покритого нековзною підкладкою;

- ергономічна форма пасажирських сидінь, м'яко оббита, з підвищеною стійкістю до вандалізму;

- вбудований вручну складний пандус для інвалідних колясок чи дитячих колясок за другими дверима;

- краї вхідних сходів позначені яскраво-жовтим кольором;

- освітлення, призначене для освітлення сідців дверей та освітлення тротуару;

- всі двері, що відчиняються всередину автобуса, мають поручні для пасажирів;

- кнопки, розміщені на вертикальних ручках, позначені таким чином, що дозволяють читати особам із вадами зору;

- інформаційна система пасажирів для забезпечення випуску повідомлень про зупинку в аудіо та графічній формі всередині та зовні транспортного засобу;

- двозонний кондиціонер для пасажирського простору та кабіни водія.

Описане обладнання робить електричні автобуси ще більш привабливими для різних категорій пасажирів.

Висновки

Проаналізувавши статті та розглядаючи головні характеристики електричних автобусів, можна впевнено говорити про перевагу екологічних транспортних засобів перед транспортними засобами на традиційному виді палива з точки зору енергоефективності, екологічності, зручності для пасажирів.

Більшість європейських міст вже користуються автобусами екологічного спектру. На прикладі розглянутих польських міст, зокрема міста Катовіце, можна прослідкувати позитивну тенденцію збільшення числа електричних автобусів у транспортній мережі міста. З кожним роком кількість еко-автобусів у країні зростає, а маршрути електричних автобусів вводять не тільки на малі дистанції руху, а й на більші. Розвиток нових технологій зарядних пристроїв, удосконалені конструкції акумуляторів скорочують потрібний час для поповнення енергії електричних автобусів.

Важливими умовами, які слід враховувати у разі впровадження електричних автобусів у транспортну мережу міста, є: безпосередньо інфраструктура міста, наявність зарядних станцій або можливість їх встановлення на маршруті, енергетичне забезпечення на маршруті, розрахунок графіка руху для найкращого функціонування електричного автобуса. Місто Харків має великий технічний потенціал для впровадження електричних автобусів у міську маршрутну мережу міста. Також значущим фактором є відношення мешканців міста до впровадження даного виду транспорту. При цьому для введення в експлуатацію електричних автобусів на місь-

кі маршрути необхідна всебічна підтримка міської влади.

Література

- ASSURED, 2018. Fast and Smart Charging Solutions for Full Size Urban Heavy Duty Applications, www.assured-project.eu.
- UITP - All rights reserved - Responsible Publisher: Mohamed Mezghani, Rue Sainte Marie 6, B-1080 Brussels, Belgium - Legal deposit: D/2019/01.05/12.
- Електротранспорт України: можливості співробітництва, 17.0.8.2018, https://dt.ua/promyshliennost/elektrotransport-ukrayini-mozhливosti-spivrobitnictva-285921_.html
- Chapman, R., Howden-Chapman, P., Whitwell, K., & Thomas, A. (2017). Towards zero carbon. Constrained policy action in two New Zealand cities. *Australasian Journal of Environmental Management*, 24(2), 97–116.
- Grütter, Jürg, and A. G. Grütter Consulting. "Real world performance of hybrid and electric buses." *Renewable energy & energy efficiency promotion in international cooperation* (2014).
- Global Green Growth Institute and Center for Study of Science, Technology and Policy. *Electric Buses in India: Technology, Policy and Benefits*, GGGI, Seoul, Republic of Korea (2015).
- Mahmoud, Moataz, Ryan Garnett, Mark Ferguson, and Pavlos Kanaroglou. "Electric buses: A review of alternative powertrains." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 (2016): 673–684.
- Офіційний сайт: «Solarisbus», <https://www.solarisbus.com/>
- Annals of the Oradea university Fascicle of Management and Technological Engineering Issue №1, May 2015, <http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/>
- Federal Transit Administration (FTA). (2010). *Public Transportation's Role in Responding to Climate Change*. Energy. Lan, K., & Chou, C. (2008). *Realistic Mobility Models for Vehicular Ad hoc Network (VANET) Simulations*. 8th International Conference on ITS Telecommunications, 2008. ITST 2008 (pp. 362–366).
- Naszemiasto, 2017, <https://katowice.naszemiasto.pl/pkm-kupuje-10-autobusow-elektrycznych-wyjada-na-linie-10-12/ar/c4-4253045>
- Elektrotransport Ukrainy: mozhlivosti spivrobitnytstva, 17.0.8.2018, https://dt.ua/promyshliennost/elektrotransport-ukrayini-mozhливosti-spivrobitnictva-285921_.html
- Chapman, R., Howden-Chapman, P., Whitwell, K., & Thomas, A. (2017). Towards zero carbon. Constrained policy action in two New Zealand cities. *Australasian Journal of Environmental Management*, 24(2), 97–116.
- Grütter, Jürg, and A. G. Grütter Consulting. "Real world performance of hybrid and electric buses." *Renewable energy & energy efficiency promotion in international cooperation* (2014).
- Global Green Growth Institute and Center for Study of Science, Technology and Policy. *Electric Buses in India: Technology, Policy and Benefits*, GGGI, Seoul, Republic of Korea (2015).
- Mahmoud, Moataz, Ryan Garnett, Mark Ferguson, and Pavlos Kanaroglou. "Electric buses: A review of alternative powertrains." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 (2016): 673–684.
- Ofitsi'j sa'jt: «Solarisbus», <https://www.solarisbus.com/>
- Annals of the Oradea university Fascicle of Management and Technological Engineering Issue №1, May 2015, <http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/>
- Federal Transit Administration (FTA). (2010). *Public Transportation's Role in Responding to Climate Change*. Energy. Lan, K., & Chou, C. (2008). *Realistic Mobility Models for Vehicular Ad hoc Network (VANET) Simulations*. 8th International Conference on ITS Telecommunications, 2008. ITST 2008 (pp. 362–366).
- Naszemiasto, 2017, <https://katowice.naszemiasto.pl/pkm-kupuje-10-autobusow-elektrycznych-wyjada-na-linie-10-12/ar/c4-4253045>

References

- ASSURED, 2018. Fast and Smart Charging Solutions for Full Size Urban Heavy Duty Applications, www.assured-project.eu
- UITP - All rights reserved - Responsible Publisher: Mohamed Mezghani, Rue Sainte Marie 6, B-1080 Brussels, Belgium - Legal deposit: D/2019/01.05/12

Зінченко О. І. – к. т. н. (PhD), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин»; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2961-5861>; тел.: (057) 707-69-02; e-mail: zinchenko.zinchenko@gmail.com

Крахмальов О. В. – (PhD), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Зварювання»; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3338-9724>; e-mail: krakhmalov1@gmail.com

Островерх О. О. – к. т. н. (PhD), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Автомобіле- і тракторобудування»; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8334-0286>; e-mail: ostrov.sasha@gmail.com

Краснокутський В. М. – к. т. н. (PhD), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Авто-

мобіле- і тракторобудування»; м. Харків, Україна, e-mail: hvukvn@ukr.net

Разарьонов Л. В. –к. т. н. (PhD), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри будівельних та дорожніх машин ім. А. М. Холодова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7597-2053>; e-mail: lrazarenof@gmail.com.

Estimation of possibility of applying electric buses in Kharkiv

Abstract. *The chief characteristics of electric buses in terms of efficiency, environmental friendliness, and convenience for passengers are analyzed. It makes it possible to speak of advantages of electric transport compared with transportation means on traditional fuels. Considering the issue of rational application of electric buses in cities, it is possible to rely on European cities' positive experience. Ever more and more of developed countries all over the world use ecological transport in the urban transportation networks. On the example of the studied Polish cities, namely Katowice, a positive trend in the growth of electric buses application in the city's transportation grid can be observed, which enables the authors to conclude that the city of Kharkiv also has a great technical potential for introducing electric buses to the city routes network. Electric buses are already starting to appear in several cities of Ukraine in the transport network, but it is necessary to increase the percentage of ecological buses, to develop certain concepts and strategies to increase this type of transport.*

Keywords: *electric bus; diesel bus; hybrid bus; battery charge; electrical mobility; energy efficiency*

Zinchenko O.I. PhD Assoc. Prof., candidate of Engineering Sciences, Department of Theory and systems of automated design of mechanisms and machines, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kirpicheva str, 2, Ukraine, tel. 057- 707-69-02, zinchenko.zinchenko@gmail.com

Krakhmalyov O.V. PhD Assoc. Prof., candidate of Engineering Sciences, Department of Welding, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kirpicheva str, 2, Ukraine, tel. 057- 707-65-21, krakhmalyov1@gmail.com.

Ostroverkh O.O. PhD Assoc. Prof., candidate of Engineering Sciences, Department of Automobile- and tractor construction, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kirpicheva str, 2, Ukraine, tel. 057- 707-64-64, ostrov.sasha@gmail.com.

Krasnokytsiy V.M. PhD Assoc. Prof., candidate of Engineering Sciences, Department of Automobile- and tractor construction, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kirpicheva str, 2, Ukraine, tel. 057- 707-64-64, hvukvn@ukr.net.

Razarenov L.V., PhD Assoc. Prof., candidate of Engineering Sciences, Department of Construction and Road-Building Machinery, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25 Yaroslava Mudroho, Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +380975987654, lrazarenof@gmail.com.
