

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ М. ВІННИЦЯ НА БАЗІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АВТОБУСІВ

Кашканов Андрій Альбертович, докт. техн. наук, професор,
директор інституту докторантури та аспірантури,
професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту,
Вінницький національний технічний університет,
e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua, ORCID: [0000-0003-3294-6135](https://orcid.org/0000-0003-3294-6135)

Маліцький Богдан Вікторович, магістр,
Вінницький національний технічний університет,
e-mail: bohdan2820@ukr.net

Проблема забруднення повітря в українських містах продовжує загострюватися, тому її потрібно вирішувати негайно. Найбільш дієвим способом покращення екологічної ситуації в містах є перехід на електричний транспорт – електричні автобуси (електробуси).

В Україні даний напрям електрифікації є перспективним та стратегічним, оскільки у Міністерстві інфраструктури розробили покроковий план впровадження в Україні екологічного транспорту в рамках Національної транспортної стратегії до 2030 року [1]. Впровадження електробусів допоможе мінімізувати забруднення повітря, зменшивши викиди парникових газів в атмосферу та зниження рівня шкідливих викидів.

Сучасне виробництво та продаж електротранспорту в Європі та Україні набули значного розвитку. Особливу увагу варто звернути на перспективи впровадження електробусів, які замінять двигуни внутрішнього згорання на електричні для покращення екологічної ситуації в містах. До 2040 року очікується, що 80% міських перевезень у країнах Європейського Союзу здійснюватимуться електробусами, і ця тенденція поступово впроваджується в Україні. З огляду на потенціал електробусів, необхідно глибше дослідити їх конструктивні особливості та можливості експлуатації в міських умовах.

Дослідження електричних транспортних засобів показали, що перехід до екологічно чистого транспорту без шкідливих викидів є ефективним способом зменшення залежності від нафти та газу. Використання акумуляторних батарей дозволяє інтегрувати їх із двигунами внутрішнього згорання або повністю перейти на електричну тягу. Сьогодні багато науковців як в Україні, так і за кордоном активно досліджують питання електротранспорту. Серед них: Будьонний О. В., Гладій Б. О., Гнатов А. В., Аргун Щ.В., Гончаров Ю. П., Дембіцький В. М., Кошель М. Д., Шевчук Я. В. та багато інших.

Транспортні викиди є однією з основних причин забруднення повітря у містах [2], а в глобальному масштабі це одна з причин підвищення середньої температури повітря на нашій планеті, оскільки викиди транспорту містять велику кількість CO₂ – двоокису вуглецю. Вплив транспорту на якість життя людей, особливо жителів міст, проявляється і в таких факторах як: постійний

шум, затори на дорогах, формування шкідливого для здоров'я смогу та ін. Беручи до уваги той факт, що транспортний потік тільки наростає, необхідно робити все для зменшення впливу всіх зазначених факторів на екосистему людини. Сталий розвиток транспортної системи стає неможливим без врахування цього. Парниковий ефект від транспорту виникає через викиди в атмосферу двоокису вуглецю CO_2 , CH_4 (метан) і N_2O (закис азоту). Найефективнішим підходом для зниження забрудненості повітря та в цілому покращення екологічної ситуації у містах є максимальне збільшення частки електричних автобусів у громадському транспорті. Електричний автобус – це екологічно чистий транспорт, що дозволяє у найкоротший термін максимально знизити забрудненість повітря у містах. Тож їх впровадження є стратегічним напрямком для вирішення сучасних екологічних проблем.

Щодо схожості і відмінностей між електричними та звичайними автобусами на дизелі чи бензині, то зовні вони виглядають ідентично. Основна різниця полягає у типі двигуна: звичайні автобуси використовують двигуни внутрішнього згоряння, які супроводжуються викидами в атмосферу шкідливих газів, тоді як електробуси – працюють на акумуляторах, що не створюють забруднень. Істотним моментом звичайних автобусів є те, що в порівнянні з електричними автобусами, які мають рухомі частини в основному тільки в двигуні, вони мають значно більше частин, що рухаються в загальній структурі автобуса. Вони не потребують частих заміни мастила чи налаштування вихлопної системи, електробуси використовують герметичні акумулятори, які не вимагають досить витратного обслуговування. Таким чином, всебічна оцінка переваг електричних автобусів у порівнянні зі звичайними демонструє, що електробуси надають переваги не лише з економічної точки зору, але й, що особливо важливо – з точки зору захисту навколишнього середовища. Важливим є також прогрес у технологіях акумуляторів – збільшення їх ємності та зменшення часу зарядки, проте деякі проблеми, такі як обмежена ємність акумуляторів, висока вартість та довгий час зарядки – стримують розвиток електробусних мереж у містах. Сучасні акумулятори, незважаючи на численні переваги, мають характеристики, що істотно впливають на перспективи розвитку міських транспортних систем на базі електробусів. Зокрема це їх досить висока вартість, значна вага та тривалий, попри досягнення в цій сфері, час зарядки. Зазначені чинники ускладнюють широке впровадження електричних автобусів у міських транспортних мережах, однак ці фактори не є непереборними обмеженнями, вони лише вимагають ретельного врахування при проектуванні електробусів, замість бездумного використання стандартних рішень, розроблених для дизельних або бензинових двигунів. Щодо інших параметрів, таких як рівень шуму, вібрація та доступність, електричні автобуси не поступаються своїм аналогам двигунами внутрішнього згоряння і навіть мають ряд переваг. Зокрема, електричні автобуси значно тихіші та менш вібраційні, що робить їх більш придатними для використання в міських умовах.

Електричні автобуси значно відрізняються за своїми характеристиками від автобусів із двигунами внутрішнього згоряння. Тому для оцінки доцільності впровадження електричних автобусів у транспортну інфраструктуру важливо

враховувати ці відмінності. Оцінка доцільності включає розгляд ключових факторів [3-5]:

- економічний фактор, що охоплює загальні витрати на створення транспортної інфраструктури, витрати на технічне обслуговування та експлуатацію;
- проблеми експлуатації такі як: радіус обслуговування, тривалість зарядки, доступність зарядних станцій та розвиток інфраструктури;
- екологічний фактор, який враховує рівень викидів забруднюючих речовин, шумове забруднення та загальний вплив на чистоту повітря;
- енергетичний фактор, який стосується типу використовуваного джерела енергії та його ефективності.

Головною перешкодою для повної електрифікації громадського транспорту є загальні витрати на створення транспортних мереж на основі електричних автобусів. На сучасному етапі використання гібридних автобусів, які поєднують властивості звичайних автобусів з двигунами внутрішнього згоряння та електричних автобусів, є найбільш ефективним рішенням як з економічної, так і з експлуатаційної точки зору.

Перехід до експлуатації міських електробусів зумовлений стратегіями мобільності у великих містах, оскільки міська влада прагне покращити якість життя. На рис. 1 показано динаміку продажі нових міських автобусів у 2023 році в країнах Європейського союзу [6]. При цьому кількість електробусів у більшості країн щорічно зростає.

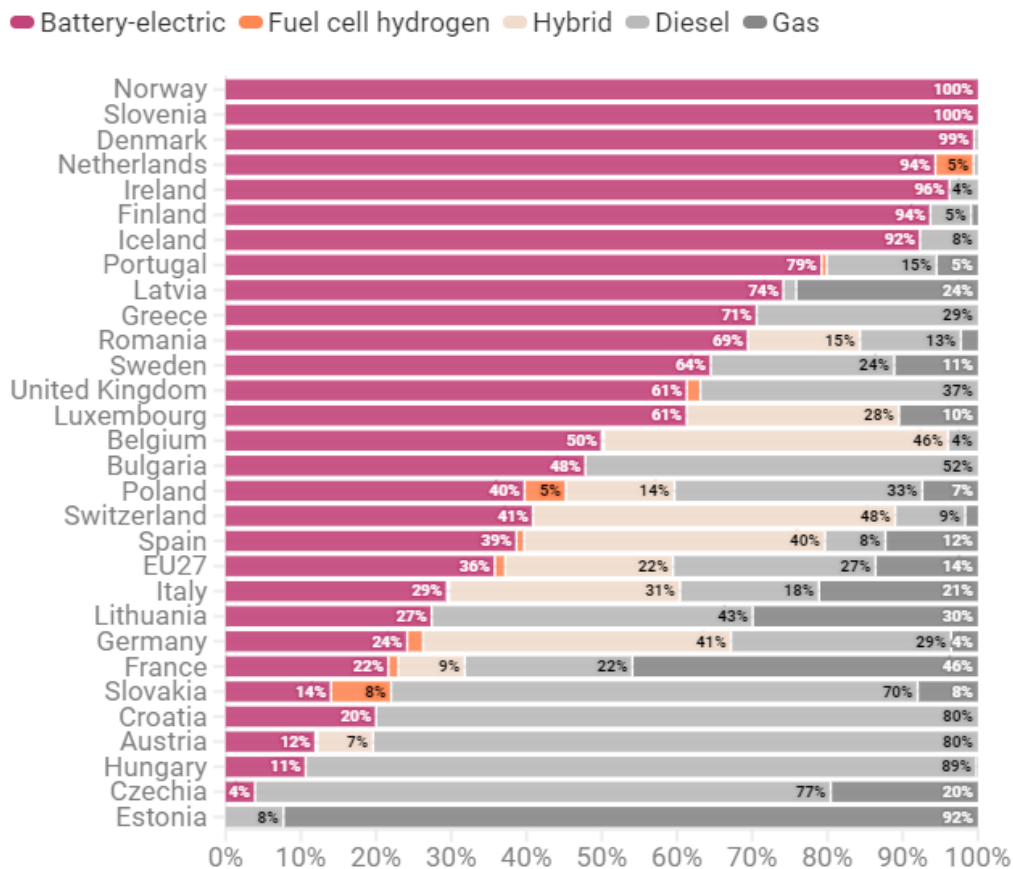


Рисунок 1 – Продажі нових міських автобусів у 2023 році в ЄС

Що стосується м. Вінниця, наразі перший і єдиний електробус Skywell працює на міських маршрутах з 2019 року. Електробус дешевший за експлуатаційними витратами за автобуси, що заправляються дизельним паливом. Одного заряду батареї йому вистачає на 300 кілометрів, а цикл зарядки триває лише три години. Згідно зі «Стратегією 3.0» [7] до 2030 року у Вінниці планували замінити маршрутні таксі на електробуси. Однак про ці наміри міська влада заявляла до початку повномасштабної війни.

При переході на електричні автобуси транспортні компанії повинні забезпечити збереження або навіть покращення існуючого рівня обслуговування. При цьому для транспортних компаній найважливішими показниками електробусів є запас ходу акумуляторної батареї та достатня місткість автобуса, оскільки існує потреба у виконанні значних зобов'язань за маршрутами: транспортні засоби повинні щодня долати великі відстані в межах фіксованих обмежень для дозаправки або підзарядки. Одночасно максимальне збільшення пасажиромісткості може створити проблеми, пов'язані з дальністю поїздки та втратою енергії акумуляторної батареї. У табл. 1 представлено аналітичний огляд десяти виробників оригінального обладнання (ІОО) у Європі [8], які пропонують міські автобуси з акумуляторними батареями, що забезпечують найбільший запас ходу.

Таблиця 1 – 10 акумуляторних міських електробусів у Європі, визначених ІОО як найбільш ефективні з урахуванням запасу ходу в 2023 році

ІОО	Модель	Довжина (м)	Ємність акумуляторної батареї (кВт·ч)	Максима- льний запас ходу (км)	Пасажиро- місткість
Ebusco	Ebusco 3.0	12	350	575	95
IVECO	E-WAY Full Electric	12	350	543	70
Quantron	Q-Bus	12	332	370	88
Temsa	Avenue Electron	12	360	350	85
Otokar	e-KENT C	12	300	300	95
Isuzu	NOVOCITI VOLT	8	211	300	52
Caetano	e.City Gold	12	385	300	87
Bozankaya	E Bus 10	10,7	230	300	80
MAN	Lion's City E	18	640	270	120
BYD	ADL Enviro200EV	10,2	348	257	80

Ефективність роботи транспортної мережі на основі електричних автобусів безпосередньо залежить від належно розробленої інфраструктури, що адаптована для їх використання. Можливі кілька варіантів організації інфраструктури: якщо йдеться про електричні автобуси з потужними акумуляторами, здатними працювати без підзарядки досить тривалий час, то тут існує основна проблема – тривалість зарядки. Тому необхідно передбачити станції надшвидкої зарядки або, якщо є така можливість, станції для заміни акумуляторів.

Акумуляторні електричні автобуси можуть працювати з різними типами зарядних елементів: зарядними точками, повітряними зарядними стовпами та системами індуктивної зарядки. Встановлення зарядних точок або повітряних стовпів не вимагає значних змін у вже існуючій інфраструктурі. Проте необхідність у великій кількості таких точок та їхнє рівномірне розміщення може стати серйозним бар'єром для створення інфраструктури електричних автобусів. Іншою суттєвою проблемою є додаткове навантаження на електричні мережі, особливо в густонаселених районах міста.

Висновки

Враховуючи екологічну ситуацію у місті Вінниця (викиди токсичних речовин від двигунів внутрішнього згоряння, шумове забруднення тощо), доречно впровадити електробуси для покращення міських пасажирських перевезень. Для цього необхідно здійснити техніко-економічне та екологічне обґрунтування заміни громадського транспорту з двигунами внутрішнього згоряння на електричні автобуси, а також модернізацію міської транспортної інфраструктури.

Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 321-р від 07 квітня 2021 року «Про затвердження плану заходів з реалізації Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-realizaciyi-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku-321-070421>
2. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
3. Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jeļena Pečerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiyana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. Рига.: РТУ, 2021. 370 с.
4. Хабутдінов Р.А., Федоренко І.О. Порівняльний аналіз автобусів та електробуса за показником транспортної результативності технологічних впливів машинних процедур. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 7(38), ч.І. С. 265-274. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.265-274](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.265-274).
5. Ложачевська О.М., Команчук С.В. Розвиток громадського транспорту шляхом упровадження електробусів. Серія: Економіка та підприємництво, 2021 р., № 2 (119). С. 49-54. <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-2-9>.
6. Асоціація «Енергоефективні міста України». Батарейні автобуси є найпопулярнішими серед нових автобусів в ЄС. Серія навчально-практичних

публікацій. Випуск №30 від 31 липня 2024 року. URL: <https://enefcities.org.ua/upload/files/Publications/Urban%20Mobility/Batterybuses.pdf>.

7. Стратегія розвитку Вінницької міської територіальної громади до 2030 року – Стратегія 3.0 URL: <https://www.vmr.gov.ua/stratetiia>.

8. 10 акумуляторних міських електробусів у Європі, визначених IOO як найбільш ефективні з урахуванням запасу ходу в 2023 році. URL: <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>

УДК 629.3

АВТОНОМНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ: ПЕРСПЕКТИВИ, СТРУКТУРА ТА ПРОБЛЕМИ НАПРЯМКУ

Леонт'єв Дмитро Миколайович, докт. техн. наук, професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: dima.a3alij@gmail.com,
ORCID: [0000-0003-4255-6317](https://orcid.org/0000-0003-4255-6317)

Малий Віктор Миколайович, аспірант кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: quantitatusmateriae@gmail.com,
ORCID: [0009-0002-7800-9163](https://orcid.org/0009-0002-7800-9163)

Вступ

Автономні транспортні засоби є однією з найбільш перспективних технологій сучасності. Як показує дослідження [1], світовий ринок автономних транспортних засобів збільшиться з понад \$158 млрд у 2023 році до майже \$2753 млрд у 2033 році, тобто щорічний приріст складатиме 33% (рис. 1).

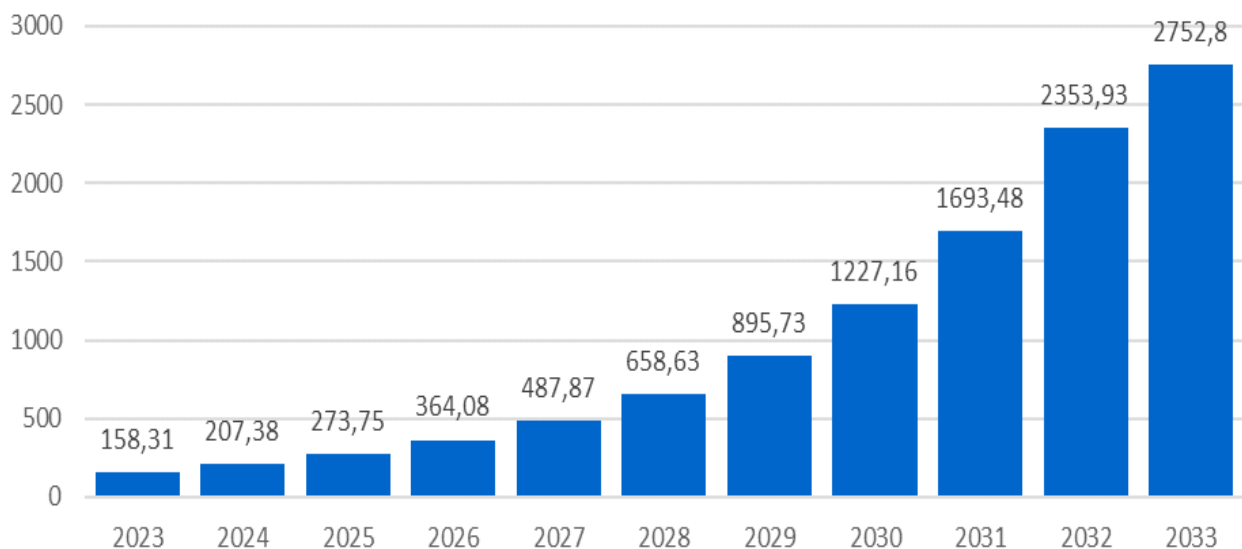


Рисунок 1 – Прогноз росту світового ринку автономних ТЗ (млрд \$) 2023-33 рр.