

УДК 621.38(075.32)

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.4>**Д. О. ЛИЧОВ**

кандидат технічних наук,  
старший викладач кафедри автомобільного транспорту  
та сучасної інженерії  
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»  
ORCID: 0000-0002-3231-5985

**Т. В. ПЕТРЕНКО**

старший викладач кафедри автомобільного транспорту  
та сучасної інженерії  
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»  
ORCID: 0000-0003-4733-4035

**Е. Г. САФАРОВ**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри автомобільного транспорту та сучасної інженерії  
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»  
ORCID: 0000-0002-4584-5539

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОБУСІВ НА АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Особливу увагу слід звернути на можливості використання електробусів, які змінили двигун внутрішнього згорання на електричний двигун для покращення стану навколишнього середовища мегаполісів. 80% міжміських перевезень до 2040 року в країнах Європейського Союзу мають перейти на електричні автобуси, таку тенденцію для великих міст планується реалізувати і на території України. Велика увага приділяється в Україні щодо розвитку транспортної інфраструктури у напрямку електротранспорту в межах міста. Для цього, починаючи з 30 жовтня 2019 року, під час зібрання Федерації роботодавців автомобільної галузі розглядалися питання щодо термінології проектування та виробництва електротранспорту, його електрозарядної інфраструктури, зарядних пристроїв та широкого вивчення ринку забезпечення електроавтобусами для комунальних підприємств міст.

Основними представниками підприємств-виробників електротранспорту в Україні виступають: компанія Mitigation technology, компанія Єврокар, АБЕРЕ Україна Укравтопром, EV-UA – Українська Асоціація Учасників Ринку Електромобілів, ГО «Клуб «Електро-автосам», Федерація роботодавців автомобільної галузі, Корпорація «Богдан». Результатом зустрічі були внесені пропозиції щодо внесення змін до закону України «Про автомобільний транспорт». Сучасне виробництво електроавтобусів є альтернативою для зменшення використання автобусів з двигунами внутрішнього згорання, що значно поліпшує екологію міста та регіону в цілому. Вартість обслуговування та ремонт значно менша, порівняно із звичайними автобусами. Оснащення електричним двигуном міського транспорту в Україні безперечно стиряє правилам Європейського Союзу щодо Міжнародних стандартів перевезення пасажирів.

**Ключові слова:** електричний транспорт, електробус, акумуляторна батарея.

**D. O. LYCHOV**

Candidate of Technical Sciences,  
Senior Lecturer at the Department of Road Transport  
and Modern Engineering  
Open International University of Human Development "Ukraine"  
ORCID: 0000-0002-3231-5985

**T. V. PETRENKO**

Senior Lecturer at the Department of Road Transport  
and Modern Engineering  
Open International University of Human Development "Ukraine"  
ORCID: 0000-0003-4733-4035

**E. G. SAFAROV**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Road Transport  
and Modern Engineering  
Open International University of Human Development "Ukraine"  
ORCID: 0000-0002-4584-5539

## POWER SUPPLY OF ELECTRIC BUSES IN MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES

*Special attention should be paid to the possibilities of using electric buses, which changed the internal combustion engine to an electric engine to improve the city's environment. By 2040, 80% of intercity transportation in the countries of the European Union should switch to electric buses, and such a trend for large cities is planned to be implemented on the territory of Ukraine. Much attention is paid in Ukraine to the development of transport infrastructure in the direction of electric transport within the city. To do this, starting from October 30, 2019, during the meeting of the Federation of Employers of the Automotive Industry, issues related to the terminology of the design and production of electric vehicles, its electric charging infrastructure, charging devices and a broad study of the market for the supply of electric buses for municipal utilities of cities were considered.*

*The main representatives of electric transport manufacturers in Ukraine are: Murmuration technology company, Eurocar company, AVERE Ukraine Ukravtoprom, EV-UA – Ukrainian Association of Electric Vehicle Market Participants, NGO "Electro-autosam Club", Federation of Employers of the Automobile Industry, Corporation "Bohdan". As a result of the meeting, proposals were made to amend the Law of Ukraine "On Road Transport".*

*Modern production of electric buses is an alternative to reduce the use of buses with internal combustion engines, which significantly improves the ecology of the city and the region as a whole. The cost of maintenance and repair is much lower compared to ordinary buses. Equipping urban transport with an electric engine in Ukraine undoubtedly contributes to the European Union's rules regarding International Passenger Transportation Standards.*

**Key words:** electric transport, electrobus, battery.

### Постановка проблеми

Сучасне виробництво та продаж електротранспорту в Європі та Україні набули широких обсягів. Особливу увагу слід звернути на можливості використання електробусів, які змінили двигун внутрішнього згорання на електричний двигун для покращення навколишнього середовища міста.

80 % міжміських перевезень до 2040 року в країнах Європейського Союзу мають перейти на електричні автобуси, таку тенденцію для великих міст планується реалізувати і на території України. Враховуючи такий потенціал щодо використання електробусів, маємо глибше розглянути їх конструктивні особливості та можливості експлуатації в межах міста.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження машин з електричною тягою показали, що саме перехід до більш екологічно чистого без шкідливих викидів машини – формула можливості до зменшення видобутку нафти та газу з подальшою їх переробкою. Використання акумуляторної батареї дає можливість об'єднати з двигуном внутрішнього згорання або повністю перейти на електричну рушійну силу.

На сьогодні багато науковців як в Україні, так і за кордоном дуже широко вивчають питання машин з електротягою. Зокрема, Будьонний О. В., Гладій Б. О., Гнатів А. В., Гончаров Ю. П., Дембіцький В. М., Кошель М. Д., Шевчук Я. В.

### Формування мети дослідження

На європейському ринку тенденції створення електробусів належать таким виробникам: польському Solaris, шведському Volvo, німецькому MAN і Mercedes-Benz. BYD та китайські. Але тенденції щодо кількості виробництва електробусів на разі немає, при цьому Китай не відстає від європейського ринку.

Зокрема, MAN випустив 18-метровий електробус Lion's City 18 E, розрахований на перевезення 120 пасажирів. Потужність електродвигуна від 350 до 480 кВт з модульною батареєю 640 кВт·г. Польський Solaris випустив 15-метрову модель Urbino 15 LE electric з трьома дверима для перевезення 53 пасажирів на сидячих місцях. Основне призначення для міських та приміських перевезень з потужністю двигуна 300 кВт, а також водним охолодженням, чотири батарейні блоки розташовані у задній частині автобуса, ще дві на даху, загальна потужність акумулятора 470 кВт.

Особливу увагу слід звернути на 18-метровий електробус від німецького виробника Mercedes-Benz eCitaro G. Це перша серійна модель міського автобуса з батареями, які мають твердий склад. Такий склад сприяє збільшенню збереження енергії на 25% та терміну служби, ніж літій-іонові батареї. Компанія гарантує до 10 років експлуатації батареї на електробусі eCitaro G та пробіг – до 840 тис. км. Ємність батареї складає 441 кВт·г дозволяє eCitaro G запас ходу до 220 км у теплий період і до 170 км пробігу в холодний період при увімкненому опаленні.

Починаючи з 2015 року львівський завод «Електрон» запропонував проєкт та випустив перший електробус «Електрон E191». Довжина кузова 12 метрів з розрахунком на 100 пасажирів. Повного заряду батареї вистачає на 225 км, при цьому, акумулятор витримує від 5 до 8 циклів перезарядки протягом 7 годин. Є дуже цікава особливість львівського електробуса – це наявність пантографа. Цей прилад надає можливість працювати електробусу і, як тролейбус, оскільки зарядження відбувається від контактної мережі.

Домінуюче місце щодо батарейних моделей належить – комплект батарей на борту електроавтобуса, але тенденція використання різних речовин для батарей є і водневі паливні елементи. Наприклад, на півночі Данії працює модель A330 від компанії Van Hool.

Велика увага приділяється в Україні щодо розвитку транспортної інфраструктури у напрямку електротранспорту в межах міста. Для цього, починаючи з 30 жовтня 2019 року, під час зібрання Федерації роботодавців автомобільної галузі розглядалися питання щодо термінології проектування та виробництва електротранспорту, його електрозарядної інфраструктури, зарядних пристроїв та широкого вивчення ринку забезпечення електроавтобусами для комунальних підприємств міст.

Основними представниками підприємств–виробників електротранспорту в Україні виступають: компанія Migration technology, компанія Єврокар, АБЕРЕ Україна Укравтопром, EV-UA – Українська Асоціація Учасників Ринку Електромобілів, ГО “Клуб “Електро-автосам”, Федерація роботодавців автомобільної галузі, Корпорація “Богдан”. Результатом зустрічі були внесені пропозиції щодо внесення змін до закону України «Про автомобільний транспорт» в Розділ VI «Прикінцевих положень», зокрема:

1. Розробити екологічні вимоги до парку автобусів, які обслуговують пасажирів на міських маршрутах в містах Київ, Харків, Дніпро, Одеса, Львів з поетапним доведенням кількості електроавтобусів українського виробництва (що мають один або кілька електродвигунів) від парку від 5 відсотків у 2021 році до 50% в 2031 році.

2. Розробити екологічні вимоги до парку автомобільних транспортних засобів, які здійснюють перевезення побутового і харчового сміття в містах Київ, Харків, Дніпро, Одеса, Львів з поетапним доведенням кількості електровантажівок українського виробництва (сміттевозів, що мають в якості двигуна один або кілька електродвигунів) від парку від 5 відсотків в 2021 році до 50% в 2031 році [1].

Однією з перших українських компаній, яка отримала сертифікат відповідності на виробництво стала компанія Skywell (рис. 1, 2). Це 12-метровий автобус NJL 6129 BEV, який розрахований на перевезення 81 пасажирів, зокрема місць для сидіння – 32. Максимальна швидкість складає 70 км/год, запас ходу – 300 км. На зарядку електробатарей йде 40–80 хвилин. Електроавтобус оснащений LED-освітленням, підсвіткою сходинок, низькою підлогою, водійським сидінням з електропідігрівом, системою відеоконтролю парковки і дверей під час зупинок [2].



Рис. 1

Потенціал використовувати електроавтобуси в межах міста, має сприяти покращенню екологічної ситуації, для зниження статистики смертності у наслідок забруднення повітря, оскільки стан навколишнього середовища в Україні небезпечний. Причинами погіршення екологічної ситуації є:

- використання застарілих автобусів, які працюють на дизельному паливі або дизелі;
- ввезення з країн Європейського Союзу автобусів, які були в експлуатації понад 20 років.

Особливу увагу, слід приділити врегулюванню законодавства України для можливості інвестувати в транспортну інфраструктуру: шляхом розробки проектів щодо впровадження надсучасних технологій, які змінять використання двигунів внутрішнього згорання в автобусах на електродвигун.

На сьогоднішній день, популярною моделлю батареї для електроавтобусів вважається комплект батарей на борту, але є і альтернатива на водневих паливних елементах.

Пробіг та тривалість зарядки обмежує можливість застосовувати електроавтобуси для перевезення пасажирів на значні відстані. Вирішенням цієї серйозної проблеми з можливістю бездротової зарядки зайнялася компанія

Momentum Dynamics, яка почала прокладати мережу в 300 кВт для електричних автобусів. Принцип роботи полягає в наступному: автобуси з приймачем зупиняються над вбудованим в дорожньому покритті зарядним пристроєм, далі зарядка продовжується автоматично, при цьому кожний зарядний модуль має потужність 75 кВт.

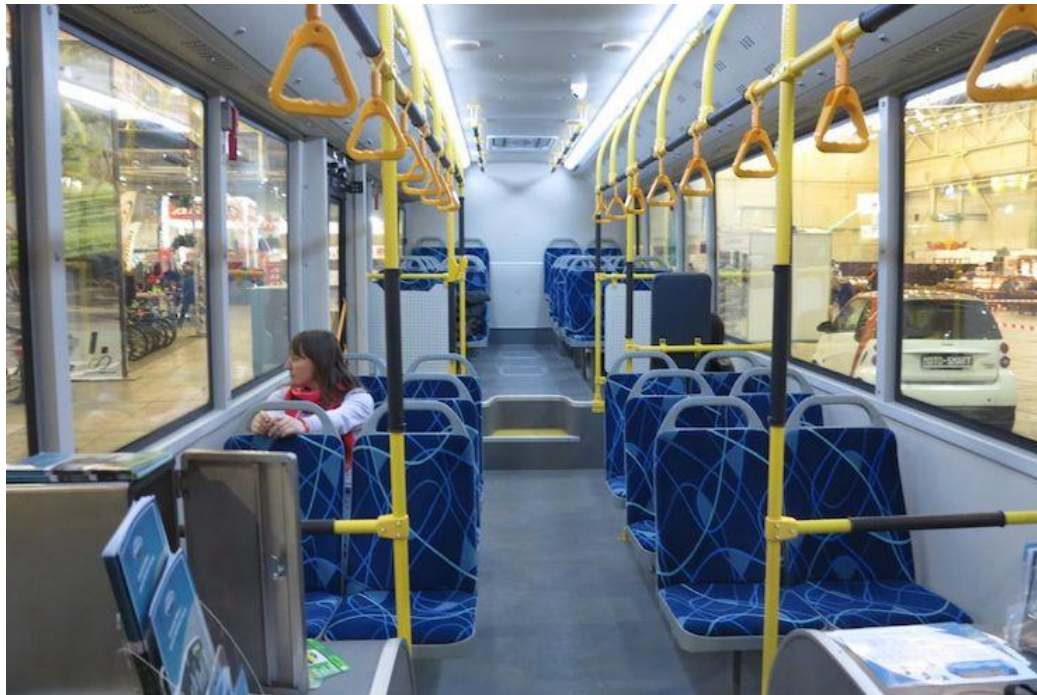


Рис. 2

У Франції було запропоновано розробку батарей з твердим тілом, що сприяло інтегруванню новітніх літій-іонних акумуляторів для моделей Blue Solutions та Bluebus у модельному ряді 6-ти та 12-метрових електробусів. Тенденція використання твердотільних батарей має продовжуватися на ринку виробництва електробусів до 2026 року з появою трьох європейських партнерів. Також майбутнє акумуляторних батарей покладається на Forsee Power – фірму, яка спеціалізується на інтелектуальних акумуляторних системах, проектуванні та виробництві літій-іонних батарей для легких та важких транспортних засобів (рис. 3).



Рис. 3

Основні вимоги щодо підтримки ємності батареї протягом терміну служби, швидкості зарядки, безпеки фірми Blue Solutions і Forsee Power (рис. 4) розробили новий акумуляторний елемент GEN4, літій-іонні батареї NMC (нікель-марганцево-кобальтові) з високою щільністю енергії, марок FORSEE ZEN PLUS та FORSEE ZEN SLIM для поточної лінійки електроавтобусів Bluebus.

Ультратонка конструкція зарядної батареї, яку випустили в 2022 році (акумуляторна система ZEN PLUS) для 12 метрових електроавтобусів Bluebus. Акумуляторна система ZEN PLUS складається з 28–32 модулів ємністю від 74 до 84 кВт·г, де літій-іонні елементи NMC мають керований температурний режим, що сприяє використанню в різних кліматичних поясах, терміном служби до 5000 циклів для систем ZEN SLIM та ZEN PLUS. Ці літій-іонні батареї виробник пропонує у п'яти варіантах ємності (74–84 кВт·год.) зі щільністю енергії до 180 Вт·г/кг при цьому тримаючи моторизацію 650 Вт та 800 Вт в одному форматі акумуляторної батареї.

Перший досвід застосування Forsee Power дозволив працювати понад 1800 електробусів у Європі та відкрити нові ринки продажу в Африці, Близькому Сході.



Рис. 4

Ще однією ініціативою використання акумуляторних батарей може бути переоснащення автобусів на автобуси з електротягою. Задня вісь електробуса із вбудованими в маточину колеса електродвигунами. Фото: Gero Rueter/DW (рис. 5).



Рис. 5

### Висновки

Сучасне виробництво електробусів є альтернативою для зменшення використання автобусів з двигунами внутрішнього згорання, що значно поліпшує екологію міста та регіону в цілому. Вартість обслуговування та ремонт значно менша, порівняно із звичайними автобусами. Оснащення електричним двигуном міського транспорту в Україні безперечно сприяє правилам Європейського Союзу щодо Міжнародних стандартів перевезення пасажирів.

**Список використаної літератури**

1. Макогон С. Електромобілі – майбутнє, метан – теперішнє. Як швидко покращити ситуацію із забрудненням повітря в Україні. URL: <https://nv.ua/ukr/biz/experts/gaz-na-avto-gbo-ekonomichnodlya-vlasnikiv-chisto-dlya-navkolishnogo-seredovishcha-vigidno-dlya-ukrajini-50036086.html> (дата звернення: 26.09.2023).
2. Китайська компанія BYD зі своїми електробусами вийшла на ринок Німеччини. URL: [https://elektrovesti.net/67826\\_kitayskaya-kompaniya-byd-so-svoimi-elektrobusami-vyshla-na-rynokgermanii](https://elektrovesti.net/67826_kitayskaya-kompaniya-byd-so-svoimi-elektrobusami-vyshla-na-rynokgermanii) (дата звернення: 26.09.2023).

**References**

1. Makogon S. (2019). Electric cars are the future, methane is the present. How to improve the air pollution situation in Ukraine quickly. Retrieved from: <https://nv.ua/eng/biz/experts/gaz-na-avto-gboekonomichno-dlya-vlasnikiv-chisto-dlya-navkolishnogo-seredovishcha-vigidno-dlya-ukraine-50036086.html> (Accessed: 26.09.2023).
2. Electrovesti.net (2019). BYD Chinese Company Launches German Market with its Buses. Retrieved from: [https://elektrovesti.net/67826\\_kitayskaya-kompaniya-byd-so-svoimi-elektrobusami-vyshlana-rynok-germanii](https://elektrovesti.net/67826_kitayskaya-kompaniya-byd-so-svoimi-elektrobusami-vyshlana-rynok-germanii) (Accessed: 26.09.2023).