

Хітров І.О.

Національний університет водного господарства та природокористування

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АВТОБУСІВ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Електричний транспорт має довгу історію та значний прогрес, але йому ще належить пройти довгий шлях, перш ніж він буде повністю прийнятий як основний вид транспорту. А що, як електричні автобуси можуть стати тією суспільною технологією, яка допоможе нам зробити цей перехід? Останніми роками пасажирський транспорт та автомобільний світ зазнали впливу нових форм мобільності, пов'язаних з виходом на ринок електричної енергії. З точки зору мобільності, тенденція вказує на те, що в найближчому майбутньому ми всюди побачимо електричні автобуси. Вони розглядаються як екологічна альтернатива традиційному дизельному транспорту, що здатна забезпечити зменшення викидів парникових газів та шумового забруднення, а також підвищення якості транспортного обслуговування населення. На даний момент впровадження повної заборони на виробництво класичних пасажирських транспортних засобів є недоцільним з огляду на технічні, економічні та соціальні чинники. Оцінка існуючих технологій та виявлення перспективних інновацій можуть сприяти створенню більш ефективних та доступних електричних транспортних засобів. Необхідно забезпечити збалансований перехід до екологічно чистого транспорту, враховуючи потреби виробників, споживачів та держави. Транспортні компанії, які переходять на екологічно чисті види транспорту, будуть мотивовані не тільки перевагами скорочення викидів, але й значним зниженням експлуатаційних витрат, більш широкими суспільними перевагами та економічним добробутом. Стаття спрямована на висвітлення світових тенденцій розвитку ринку електричних автобусів та їх застосування для організації пасажирських перевезень з подальшим цільовим аналізом транспортного забезпечення маршруту «Млинів-Дубно» та оцінкою доцільності застосовування таких транспортних засобів. Результати дослідження можуть бути корисними для прийняття рішень щодо впровадження екологічного транспорту на регіональних маршрутах та може слугувати базою для подальших наукових досліджень сталого розвитку.

Ключові слова: пасажирські перевезення, внутрішньорайонне сполучення, електричний автобус, загальна будова, запас ходу.

Постановка проблеми. Перехід на пасажирський транспорт з електроприводом покращує якість повітря, зменшує викиди та шумове забруднення, скорочує витрати та надає населенню більш комфортні та широкі послуги.

Стимул для відмови від дизельного палива виходить за рамки скорочення викидів. Протягом усього терміну експлуатації вартість електричного транспортного засобу є конкурентоспроможною зі звичайними автобусами, а ціновий паритет, як очікується, буде досягнутий до 2030 року.

Тому, застосування альтернативних транспортних засобів перевізниками при організації пасажирських внутрішньо районного сполучення з метою отримання соціально-економічної результативності і екологічності є досить актуальним і затребуваним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом питання використання електричних автобусів у сфері пасажирських перевезень набуло значної уваги в наукових колах. Серед ключових аспектів, які висвітлюються у публікаціях, виділяються екологічні переваги електротранспорту [1], економічна ефективність експлуатації [2], технічні характеристики сучасних електробусів та їх адаптація до різних маршрутів [3].

Практичні дослідження показують, що електричні автобуси можуть стати конкурентоспроможною альтернативою традиційному транспорту на середньо- та короткотривалих маршрутах. При цьому значну увагу приділяють соціально-економічним перевагам впровадження такого транспорту, включаючи підвищення якості послуг для пасажирів та зниження рівня шумового забруднення [4].

Постановка завдання. Метою статті є техніко-експлуатаційна оцінка перспективності застосування електричних автобусів для пасажирських перевезень внутрішнього районного сполучення за маршрутом «Млинів-Дубно» Рівненської області.

Виклад основного матеріалу. Електричний транспорт вважається частиною майбутнього, але

правда полягає в тому, що він був значною частиною історії транспорту і продовжують формувати спосіб пересування людей.

Світові виробники, як правило, не поспішають задовольняти зростаючий попит на автобуси з нульовим рівнем викидів, що призвело до появи кількох достатньо конкуруючих але менших виробників. Хоча більшість великих виробників планують збільшити частку продажів автобусів з нульовим рівнем викидів у наступному десятилітті, деякі з них зосереджують значні ресурси на технологіях, що працюють на природному газі.

Впровадження електричних автобусів зростає у всьому світу. Відправною точкою є Китай, і знадобилося лише кілька років, щоб інші країни почали перехід на цей вид транспорту. На сьогоднішній день приблизно 98% електричних автобусів у світі експлуатуються в китайських містах [5]. Також спостерігається збільшення прогнозних показників збільшення частки автобусів з нульовим рівнем викидів серед Європейських країн (рис. 1).

Світовий ринок електричних автобусів у 2027 році досягне понад 670 тис. одиниць (з 112 тис. у 2022 році), в якому прогнозується, що Північна Америка стане найбільш швидкозростаючим ринком для впровадження електричного транспорту [6].

За даними сайту Фокус «великі міста в Україні» поступово переводитимуть на експлуатацію електричних автобусів та з 2033 року до перевезення пасажирів допускатимуть виключно електричні моделі» [8]. У Львові підписано меморандум про закупівлю 250 електричних автобусів, які впродовж трьох років має

виготовити концерн «Електрон» і передбачається, що 200 електричних автобусів закуплять приватні перевізники, а 50 – мерія міста [9].

Ізраїльський виконавчий директор CreamCol Gady Shlasky підкреслює переваги технічної сторони вибору електричних автобусів: витрати на технічне обслуговування приблизно на 25% нижчі, ніж витрати на обслуговування дизельного автобуса, оскільки електродвигун не потребує такого ж рівня обслуговування, як дизельний двигун; втрати енергії електричного двигуна значно нижчі, ніж втрати енергії дизельного двигуна, тому вартість кілометра пробігу електричного автобуса становить приблизно третину від вартості поїздки на дизельному автобусі; електричний автобус працює набагато тихіше, ніж дизельний, що робить поїздку приємнішою для пасажирів і значно знижує рівень шуму в навколишньому середовищі; електричні автобуси оснащені рекуперативною гальмівною системою, яка виробляє електроенергію під час гальмування [10].

Проаналізуємо розвиток пасажирських перевезень внутрішнього районного сполучення «Млинів-Дубно» та його транспортного забезпечення. Починаючи з 2016 року селище міського типу Млинів є центром Млинівської селищної громади Дубенського району Рівненської області. Млинівська об'єднана територіальна громада одна з найбільших на Рівненщині, до складу громади входять райцентр Млинів і 11 округів, що налічує 42 населені пункти.

Селище Млинів розвивається багатогранно. Важливим об'єктом інфраструктури для мобіль-

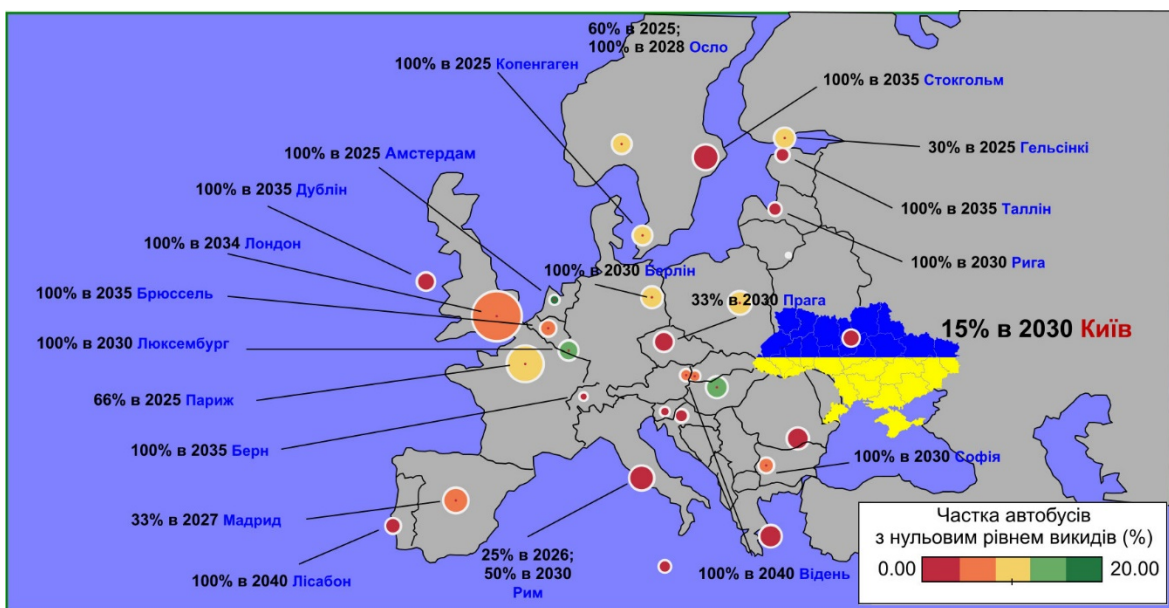


Рис. 1. Прогноз розвитку електричних автобусів [7]

ності населення залишається автобусна станція «АС Млинів» з якої відправляються автобуси в Рівненську, Волинську, Львівську, Київську область, а також чисельних районів.

За радянських часів перевезення пасажирів здійснювалося державним автотранспортним підприємством «Млинівське АТП-15641», на яке було покладено виконання функції виробничо-економічної діяльності щодо здійснення перевезення пасажирів в обласному і міжобласному сполученні, виконання технічного обслуговування і ремонту власної бази автобусів, здійснення договірних перевезень. У травні 1995 року Кабінет міністрів України ухвалив рішення про приватизацію АТП-15641, яке припинило свою діяльність в 2005 році [11]. На той час до 1991 року найчастіше застосовувалися пасажирські автобуси марок «ЛАЗ-695» (роки випуску 1956–2010), ПАЗ-672 (роки випуску 1967–1989), пізніше з 1995 році автобусами ПАЗ-3206 (рис. 2).

В період 1992–1999 роках, в умовах економічного спаду Незалежної України, перевезення пасажирів відбувалося вкрай важко. Перший приватний перевізник С.П. Зайда розпочинав свою роботу на пасажирському мікроавтобусі РАФ-2203 «Латвія» який вмщав 13 пасажирів, згодом на мікроавтобусі Мерседес-Бенц 207D пасажиромісткістю 18 чоловік. В міру економічного зростання в більшості перевізники почали застосовувати автобуси марок типу БАЗ А079 «Еталон» який вже вмщував 28 пасажирів.

Сьогодні перевезення пасажирів за маршрутом «Млинів – Дубно» здійснюється приватними перевізниками: ФОП «Зайда С.П.», приватним підприємством ПП «Деней», а також ТОВ «Укр-Пас-Транс».

Транспортна мережа маршруту проходить автомобільним шляхом територіального значення Т1806 з виїздом на міжнародний М19 (європейський Е85). Загальна протяжність від автостанції Млинів до автостанції Дубно становить 21 км (узагальнені техніко-експлуатаційні дані маршруту наведено на рис. 3).

Сьогодні в якості рухомого складу для перевезень пасажирів за маршрутом «Млинів-Дубно» застосовуються транспортні засоби у вигляді пасажирських мікроавтобусів і спеціально облаштованих для перевезень автобусів малого класу (рис. 4).

Цілком очевидно, що для забезпечення функціонування маршруту «Млинів-Дубно» найкращим є автобус марки БАЗ А079.25 (ФОП «Зайда С.П.»), однак важливим недоліком є його більша витрата дизельного палива в 15 л/100км і більші викиди шкідливих речовин (двигун з Euro 2).

Акумуляторний електричний автобус – це електричний автобус, який приводиться в рух електродвигуном і отримує енергію від тягових акумуляторів. Силовий агрегат електричного автобуса (рис. 5) складається з акумуляторної батареї та електродвигуна, між якими встановлений силовий електронний перетворювач, що регулює потік енергії від акумуляторної батареї

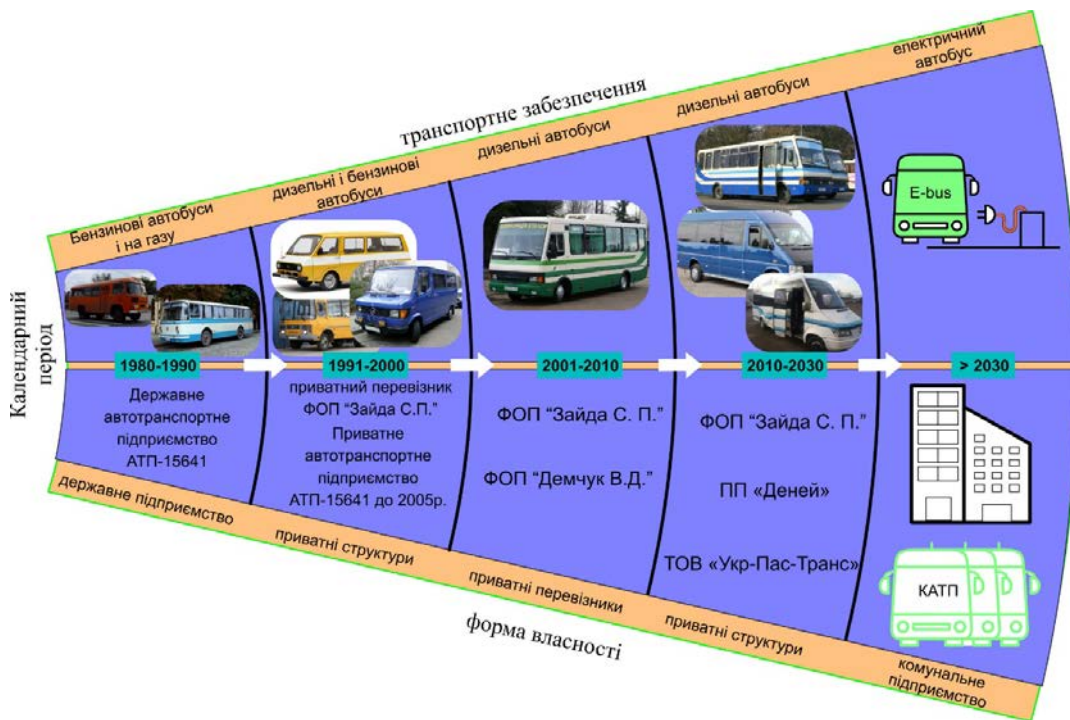


Рис. 2. Коротка історична довідка розвитку пасажирських перевезень сполученням «Млинів-Дубно»



Рис. 3. Загальна характеристика маршруту «Млинів - Дубно»

Класифікаційна ознака	Перевізник		
	ФОП «Зайда С.П.»	ТОВ «Укр-Пас-Транс»	ПП «Деней»
Марка транспортного засобу	БАЗ А079.25	Мерседес Бенц Спрингер 412	Фольксваген LT-35
Тип транспортного засобу	Автобус	Мікроавтобус	Мікроавтобус
За видом перевезення	районні (місцевого сполучення)		
За протяжністю маршрутів	до 150 км		
За габаритною довжиною (клас)	Малий	Малий	Малий
за максимальною масою	Категорія М3 (маса 5540 кг)	Категорія М2 (маса 4200 кг)	Категорія М2 (маса 3900 кг)
За місткістю для пасажирів	клас ІІ	Клас В	Клас В
Клас комфортності	***	**	**
За плануванням пасажирського салону	Чотирирядне	Трирядне	Трирядне
Тип двигуна	Дизельний Euro 2	Дизельний EURO 4	Дизельний EURO 3



■ ТОВ «Укр-Пас-Транс» ■ ФОП «Зайда С.П.» ■ ПП «Деней»

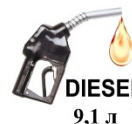


Рис. 4. Коротка характеристика рухомого складу

до електродвигуна і навпаки (у разі рекуперативного гальмування). Система трансмісії передає енергію на колеса для приводу електробуса. Під час гальмування енергія може бути рекуперована для заряджання акумулятора. Інший спосіб зарядити батарею – скористатися зарядним інтерфейсом і зарядити її електроенергією з мережі [12].

Система акумуляторів є основним і єдиним джерелом енергії. Це означає, що вся необхідна енергія для руху автобуса надходить від акумулятора, і що ємність акумулятора визначає запас ходу електробуса [13].

Повністю гібридний автобус оснащений потужною електричною машиною, яка може як виконувати роль електродвигуна для приведення автобуса в рух, так і працювати в якості електрогенератора, приймаючи енергію від гальмування. Відновлена енергія використовується для руху в чисто електричному режимі або для допомоги дизельному двигуну, забезпечуючи частину його тяги (гібридний режим).

Будь-який тип автобуса – дизельний, на пропані, бензиновий, електричний або інший – має свої переваги та недоліки, тому завжди розумно порівняти обрані варіанти і визначити, який з них найкраще відповідає потребам. Враховуючи, що

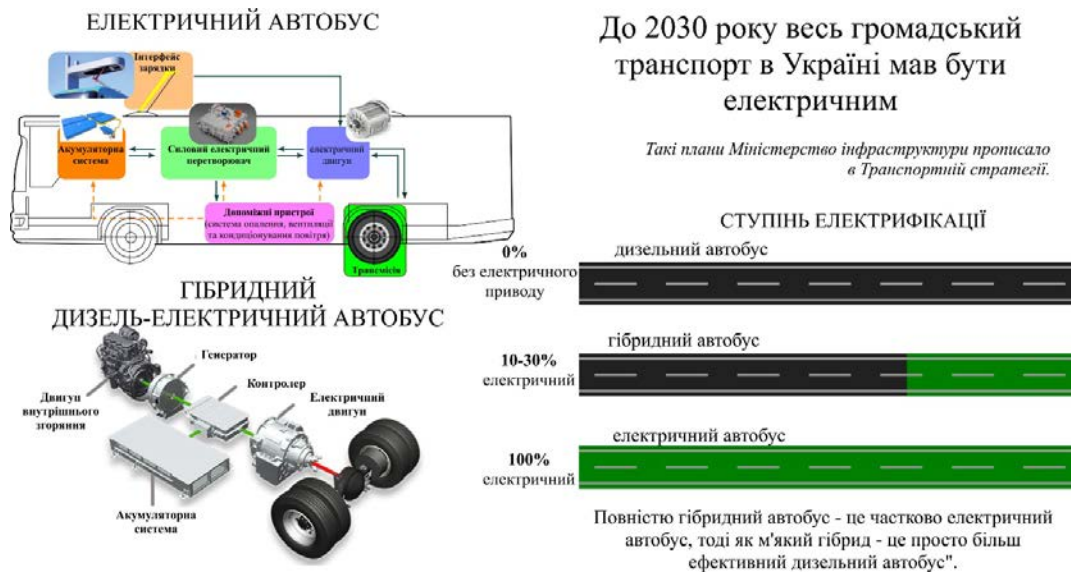


Рис. 5. Компоненти електричного та гібридного автобуса

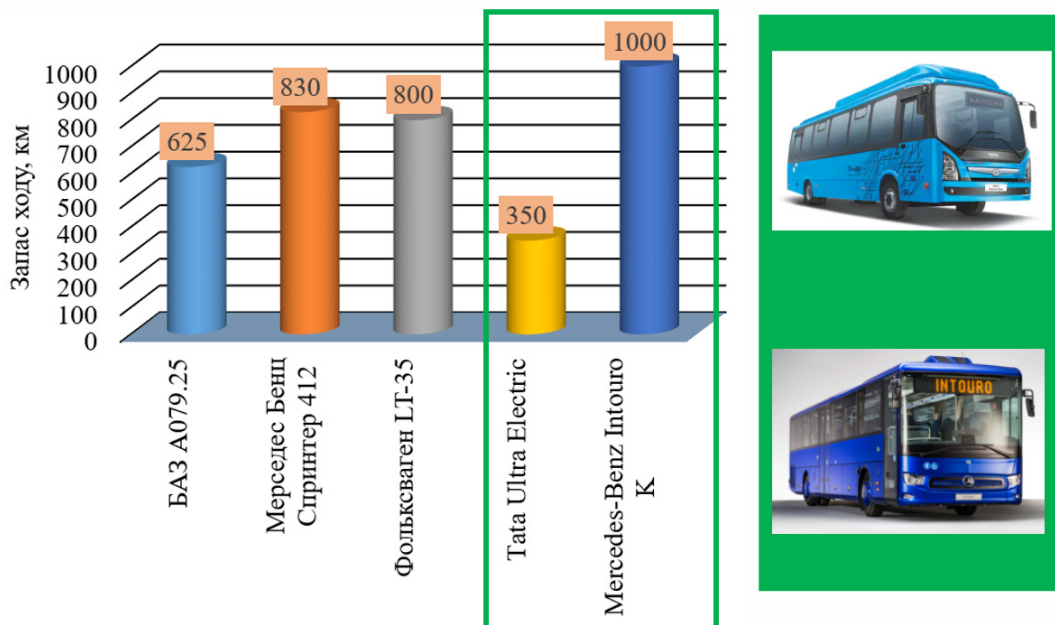


Рис. 6. Запас ходу автобусів, які застосовуються для перевезення пасажирів за маршрутом «Млинів-Дубно»

добовий пробіг автобуса складає 192 км необхідно буде вибрати електричний автобус, запас ходу якого буде складати більше 300 км (рис. 7).

Діючі автобуси для перевезення пасажирів можуть обходитися без дозаправки більше 600 км, оскільки за один день здійснюється сумарний пробіг в 200 км, це означає, що водій буде заправлятися один раз на два-три дні, електричному автобусі необхідно заряджатися щоденно в автопарку.

Висновки. Щоб зрозуміти різницю у виборі транспортних засобів для пасажирських пере-

вень, необхідно оцінити ступінь їх електрифікації та наслідки.

Пропонуються перспективні автобуси – дизель-електричний Mercedes-Benz Intouro K (запас ходу в 1000 км) та електричний Tata Ultra Electric (запас ходу 350 км).

Обираючи поєднання як повністю гібридних, так і електричних автобусів починаючи з 2025 року, не виникне жодних компромісів щодо комфортності, експлуатаційної продуктивності, а також очевидних екологічних переваг.

Список літератури:

1. Hawkins T. R., Singh B., Majeau-Bettez G., Strømman A. H. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*. 2012. Vol. 17 (1), 53-64. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>.
2. Granovskii M., Dincer I., Rosen M. A. Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles. *Journal of Power Sources*. 2006. Vol. 159. 1186–1193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.11.086>.
3. Apata O., Bokoro P. N., Sharma G. The Risks and Challenges of Electric Vehicle Integration into Smart Citie. *Energies*. 2023, 16, 5274. URL: <https://doi.org/10.3390/en16145274>.
4. Steinhilber S., Wells P., Thankappan S. Socio-technical inertia: Understanding the barriers to electric vehicles. *Energy Policy*. Vol. 60, September 2013, Pages 531-539. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.076>.
5. Китайські електробуси і електротаксі стрімко захоплюють міста. *Fra.org.ua* : веб-сайт. URL: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/kitais-ki-i-ieliektrobusi-i-i-ieliektrotaksi-strimko-zakhopliuiut-svit>.
6. Global electric bus market to reach 670k units in 2027 (from 112k in 2022), according to study. *Sustainable Bus* : веб-сайт. URL: <https://www.sustainable-bus.com/news/global-electric-bus-market-forecast-2027/>.
7. Zero-emission bus targets for Europe's capital cities: Status June 2022. *International Council on Clean Transportation*: веб-сайт. URL: <https://public.tableau.com/app/profile/international.council.on.clean.transportation/viz/Zero-emissionbustargetsforEuropescapitalcitiesStatusJune2022/Dashboard2>.
8. В українських містах побільшає електробусів – Верховна Рада підтримала законопроект. *Фокус* : веб-сайт. URL: <https://focus.ua/uk/auto/539605-v-ukrainskih-gorodah-stanet-bolshe-elektrobusov-verhovnaya-rada-podderzhala-zakonproekt>.
9. У Львові закупають 250 електробусів. Коли на них можна буде їздити. *Tvoemisto.tv* : веб-сайт. URL: https://tvoemisto.tv/news/u_lvovi_zakuplyat_250_elektrobusiv_koly_na_nyh_mozhna_bude_izdyty_113086.html.
10. Gady Shlasky. The advantages and challenges of electric buses. *LinkedIn*: веб-сайт. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/advantages-challenges-electric-buses-gady-shlasky>.
11. Перелік об'єктів, що підлягають обов'язковій приватизації у 1995 р. *Верховна Рада України* : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343%D0%B0-95-%D0%BF#Text>.
12. Electric Bus Market In-depth Business Strategies & Professional Analysis (2020-2025). *OpenPR*: веб-сайт. URL: <https://www.openpr.com/news/1974605/electric-bus-market-in-depth-business-strategies>.
13. Boud Verbrugge, Mohammed Mahedi Hasan, Haaris Rasool, Thomas Geury, Mohamed El Baghdadi and Omar Hegazy. Smart Integration of Electric Buses in Cities: A Technological Review. *Sustainability* 2021, 13(21), 12189; <https://doi.org/10.3390/su132112189>.

Khitrov I.O. APPLICATION OF ELECTRIC BUSES FOR PASSENGER TRANSPORTATION

Electric transport has a long history and has made significant progress, but it still has a long way to go before being fully adopted as a primary mode of transportation. What if electric buses could become the transformative societal technology that helps us make this transition? In recent years, passenger transportation and the automotive world have been influenced by new forms of mobility driven by the rise of electric energy in the market.

From a mobility perspective, the trend suggests that in the near future, electric buses will become ubiquitous. They are viewed as an eco-friendly alternative to traditional diesel transport, capable of reducing greenhouse gas emissions and noise pollution, while also improving the quality of transportation services for the population.

At present, the implementation of a complete ban on the production of conventional passenger transport vehicles is impractical due to technical, economic, and social factors. Evaluating existing technologies and identifying promising innovations can contribute to the development of more efficient and affordable electric vehicles.

A balanced transition to environmentally friendly transport must be ensured, considering the needs of manufacturers, consumers, and the state.

Transport companies transitioning to eco-friendly modes of transport will be motivated not only by the benefits of reduced emissions but also by significantly lower operating costs, broader societal advantages, and economic well-being.

The article aims to highlight global trends in the development of the electric bus market and their application for organizing passenger transportation, followed by a targeted analysis of transport provision for the «Mlyniv-Dubno» route and an assessment of the feasibility of using such vehicles. The research findings may be useful for decision-making regarding the implementation of eco-friendly transport on regional routes and can serve as a foundation for further scientific studies on sustainable development.

Key words: passenger transportation, intra-district service, electric bus, general structure, power reserve.