

**В.І. Бодак**, доц., канд. техн. наук

*Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

*e-mail: bodak.lutsk@gmail.com*

## Використання електромобілів як таксі

У статті розглянута методика зарядки електромобілів, що використовуються як таксі у Луцьку, та вирішення даної проблеми у інших містах. Основним фактором при виборі марки та моделі електромобіля для служби таксі є вартість транспортного засобу, рівень деградації тягової батареї та комфорт пасажирів. У країнах Західної Європи та Північної Америки популярністю користуються автомобілі виробника Tesla. В цих автомобілях використовуються тягові батареї ємністю від 70 кВт/год. Дані автомобілі є дорогими, тому у країнах з меншими рівнем достатку використовуються дешевші електромобілі з батареями меншої ємності. У Луцьку компанія «Преміум сервіс» експлуатує електромобілі марки Nissan Leaf з батареями 24 кВт/год. Зростання кількості електромобілів створило ряд проблем, оскільки, кількість станцій для заряджання у місті не зростає пропорційно кількості машин. Однієї нічної зарядки батареї електромобіля-таксі на підприємстві «Преміум сервіс» не вистачає для роботи протягом робочого дня. Тому у робочий час автомобілям доводиться дозаряджатись на міських електрозаправних станціях.

**електромобіль, зарядна станція, таксі, електродвигун, літій-іонна батарея**

**Постановка проблеми.** Різке зростання кількості транспорту з двигунами внутрішнього згоряння(ДВЗ) створює на сьогоднішній час значні проблеми, які необхідно невідкладно вирішувати. Найсуттєвіші – це зменшення світових запасів нафти, глобальне потепління внаслідок парникового ефекту, забруднення повітря шкідливими газами.

Вирішити, в деякій мірі, ці проблеми може використання електромобілів. Це сучасні колісні транспортні засоби, які використовують у якості рушія електродвигун, що живиться від батареї.

Електромобілі, в переважній більшості, заряджаються вночі, біля житла власників. Вони не створюють проблем чи незручностей для інших власників електромобілів. Однієї нічної зарядки таким електромобілям вистачає для здійснення поїздок протягом наступного дня, оскільки їх щоденний пробіг не перевищує 100 кілометрів.

Електромобілі, що використовуються у Луцьку як таксі, мають щоденний пробіг біля 180 кілометрів. Nissan Leaf 2015 року випуску, які використовує підприємство «Преміум сервіс», на повному заряді батареї проїжджає до 100 кілометрів. Тобто, однієї нічної зарядки батареї не вистачає. Необхідно дозаряджати авто у місті, або ж повертатися на територію автотранспортного підприємства для підзарядки батареї. В результаті біля зарядних станцій створюються черги з електромобілів-таксі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Масове використання електромобілів може створювати деякі проблеми у електромережах [1]. Так, дослідниками стверджується, що збільшення кількості електромобілів на 30 % може викликати зміну напруги на 10,3%, особливо в період з 17:00 год. до 20:00 год. [2].

Крім того, зарядка електромобілів збільшує пікове навантаження на енергосистему. Це призводить до зменшення строку служби трансформаторів та інших елементів енергосистеми [3].

В проведених дослідженнях [4] вивчався вплив на електромережу збільшеної кількості електромобілів, що належать приватним власникам. Методики зарядки електромобілів в домашніх умовах були проаналізовані в роботах [5]. Зазначено про високу швидкість зарядки в межах від 30% до 80% від повної зарядки батареї. Вказано, що в цих межах заряджання проходить значно швидше, ніж з моменту повного розряду батареї, що не рекомендується робити. Повільне заряджання батареї проходить і з 80% до 100% повної зарядки [6].

Детально вивчалася витрата енергії при русі автомобіля [7]. Встановлено, що важливою змінною величиною в рівнянні потужності є швидкість електромобіля [8]. При швидкості руху електромобіля Nissan Leaf до 40 км/год потужність затрачається на подолання сили опору кочення. При швидкості більшій 40 км/год основна витрата потужності іде на подолання сили опору повітря.

Однак незважаючи на недоліки, використання електромобілів дає змогу зменшити викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу і, як наслідок, зменшити парниковий ефект викликаний транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання.

**Постановка завдання.** Малодослідженою є методика зарядки електромобілів, що працюють як таксі. В даній роботі розглянуті методи інтеграції електромобілів-таксі в систему громадського транспорту. Методика заряджання цих електромобілів дещо відрізняється від заряджання приватних машин.

**Виклад основного матеріалу.** Електромобілі – це транспортні засоби, які повністю живляться від акумуляторної батареї. Електромобіль складається з батареї, інвертора, електродвигуна, трансмісії та допоміжних пристроїв. Класична схема електромобіля зображена на рис. 1.

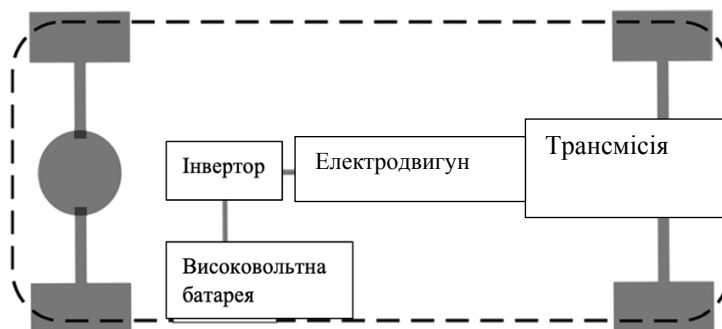


Рисунок 1 – Класична схема електромобіля

*Джерело: розроблено автором*

Електромобіль не забруднює повітря при експлуатації, але забруднює навколишнє середовище при виробництві та утилізації літій-іонної батареї. Також важливим є правильне використання заряду батареї, тобто стиль водіння електромобіля. Правильне водіння призводить до раціонального використання заряду батареї, збільшує пробіг автомобіля на одному заряді до 20% [9].

Як показує аналіз, широке використання електромобілів зумовлене не тільки стимулюванням купівлі екологічно безпечних транспортних засобів, але й нижчою вартістю їх експлуатації. Використання електромобілів дає їх власникам ряд переваг. Це незначні витрати на експлуатацію та технічне обслуговування, оскільки відсутня коробка передач, немає необхідності в заміні масляного, повітряного, паливного фільтрів, масла в двигуні, ременів газорозподільчого механізму та ременів приводу інших систем [10].

Вартість зарядки батареї значно нижча вартості заправки автомобіля паливом. В Україні вартість електроенергії для 1 км пробігу електромобіля складає 0,32 грн. при зарядці по денному тарифу для домогосподарств та 0,20 грн. по нічному тарифу. Тоді, як вартість палива на 1 км пробігу автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння складає 2,7 гривень, при ціні палива 50 грн/л. Тобто, витрати на заправку приватного електромобіля в домашніх умовах 10 разів менші.

При заправці електромобіля на швидкісній зарядці вартість проїзду 1 км шляху суттєво зростає. В середньому електромобіль витрачає на 100 км шляху 20кВт. Вартість 1 кВт на швидкісній заправці складає від 8 грн. до 14 грн. Отже, вартість електроенергії витраченої на 1 км шляху складає від 1,6 грн до 2 грн.

Якщо в Україні використання електромобілів зумовлюється в першу чергу економічною доцільністю, то в Європі занепокоєні шкідливими викидами автомобілів в атмосферу та пов'язані з ними негативні впливи на зміну клімату.

Комітет представників країн Євросоюзу (Coterep) у березні 2023 року дійшов згоди щодо відмови починаючи з 2035 року від автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, які працюють на органічному паливі. До використання на території цих країн буде дозволено використання тільки електромобілів та автомобілів, що використовують паливо неорганічного походження, і не мають у своїх викидах вмісту CO<sub>2</sub>.

На сьогоднішній день у Європі лідером по продажу електромобілів є Норвегія. Завдяки державним дотаціям при купівлі електромобілів, які склали у 2022 році 4 млрд. доларів, відсоток електромобілів в сегменті легкового транспорту в цій країні є найвищий у світі (рис. 2).

У 2022 році 79,3% куплених нових авто були електромобілі ( BEV – battery electric vehicles). При цьому частки інших придбаних транспортних засобів становили: гібридів плагін 8,5%, інших гібридів- 5,4%, бензинових- 3,9%, дизельних- 2,9%.



Рисунок 2 – Структура продажів електромобілів та автомобілів на органічному паливі у Норвегії  
Джерело: на підставі [11]

Динаміка продажів у Норвегії електромобілів та автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння зображено на рис. 3.

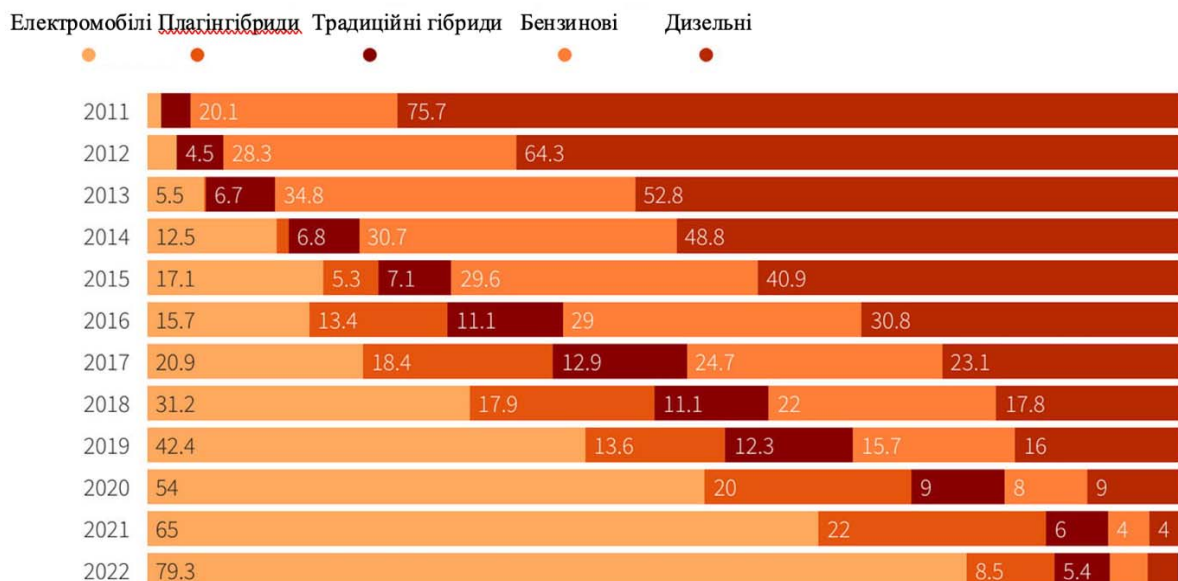


Рисунок 3 – Зменшення частки продажів авто на традиційному паливі у Норвегії

Джерело: на підставі [11]

Норвезька автомобільна федерація NAF вказує на те, що власникам електромобілів незручно користуватися великою кількістю (10-15 одиниць) додатків до смартфона з метою проведення процесу зарядки. З цієї причини багато потенційних покупців відкладають покупку електромобіля.

З метою вирішення цієї проблеми NAF пропонує розробити один спільний додаток, так званий е-роумінг. За допомогою одного цього додатка можна здійснювати зарядку батареї на будь-якій зарядній станції.

На ринку Європи представлено багато марок електромобілів в якості таксі, зокрема Nissan Leaf, Kia Soul. В Сполучених Штатах Америки найбільш вдалим варіантом для таксі вважається електромобіль марки Tesla Model S.

Електромобіль Tesla Model S має більшу дальність поїздки на одному заряді батареї, але в Україні використовувати в якості таксі більш доцільно Nissan Leaf, оскільки він значно дешевший від інших моделей, зокрема від Tesla .

В Луцьку прийнята програма «Чисте місто», згідно з якою місцева влада зацікавлює перевізників використовувати у місті транспорт, який має незначні викиди CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин. Це транспортні засоби, що відповідають нормам Євро-5, або електричні. З цією метою транспортні засоби, що по викидам шкідливих речовин не відповідають нормам Євро-5 не допускають до участі у конкурсах на перевезення пасажирів у місті Луцьк.

Ідею використання відновлюваних джерел енергії було використано та впроваджено на практиці у Луцьку підприємством «Преміум сервіс». На території підприємства було встановлено електростанцію на сонячних колекторах потужністю 150 кВт, яка дає енергію для зарядки 35 електромобілів «Еко таксі» та для електричної мережі всього підприємства. Це підприємство одним з перших в Західній Україні почало використовувати електромобілі у сфері пасажирських перевезень як таксі. Мережа «Еко таксі» функціонує також у Вінниці, Тернополі, Житомирі, Хмельницькому, Новоград-Волинському, Коростені. Розглядаючи для використання кілька марок електромобілів, підприємство вибрало саме Nissan Leaf, оскільки саме цей автомобіль є достатньо комфортним, містким та відносно недорогим.

Фірмою-партнером «Еко таксі» є компанія «Kerbis», яка створила мережу зарядних станцій у місті Луцьку.



Рисунок 4 – Зарядка електромобіля компанії «Преміум сервіс» на зарядній станції компанії «Kerbis» у м. Луцьк

Щоденний пробіг електромобілів «Еко таксі» становить біля 180 кілометрів. Nissan Leaf 2015 року випуску, які використовує підприємство Преміум сервіс, на повному заряді батареї проїзжає до 100 кілометрів [11]. Тобто, одної нічної зарядки батареї їм не вистачає. Необхідно проводити додаткову зарядку у місті, або ж повертатися на територію автотранспортного підприємства для дозарядки батареї, що є недоцільним.

Швидка зарядка для таксі є найкращим варіантом, оскільки, водій має небагато часу в перервах між виїздами на замовлення. Повільний режим зарядки батареї є неприйнятним так як час для цього є обмеженим.

Однак, швидкий режим зарядки батареї створює ряд проблем. Зокрема, батареї та обладнання електромобілів під час такого заряджання дуже нагріваються. Це негативно впливає на строк служби батареї. Строк служби батареї при частих швидкісних заряджаннях щорічно зменшується на 3% - 5% .

Для здійснення швидкої зарядки необхідно дорогі та громіздкі провідники, трансформатори струму, а електричні мережі обмежують їх використання, оскільки, необхідна потужність створює проблеми.

З метою вирішення цієї проблеми альтернативою є накопичення енергії в нічний час та її зберігання в запасних батареях до моменту використання. Використання змінних АКБ вирішить проблему пікових навантажень на мережу.

Для заряджання, зберігання та заміни розряджених батарей створюють станції заміни акумуляторів (СЗА). СЗА – це станція, де клієнти можуть замінити свою розряджену батарею на заряджену. Цей спосіб застосовують для електрифікованого громадського транспорту. Недоліком цього способу є необхідність у великій кількості змінних акумуляторів, складним є процес заміни, оцінки технічного стану розрядженого АКБ. Для клієнтів така заміна батарей дуже зручна, оскільки процес є недовготривалим.

На СЗА знаходиться автомобільний підйомник, підйомник батареї, пристрої для зберігання та переміщення АКБ. До електричних складових СЗА входить розподільчий трансформатор, зарядні пристрої, модуль контролю зарядки акумулятора. Трансформатор перетворює високу напругу з мережі на низьку напругу для подачі в акумулятори. Модуль управління дозволяє заряджати на різних рівнях потужності, в залежності від вимог.

Однією з переваг СЗА є те, що третя сторона може володіти акумуляторами і нести відповідальність за їх заміну, контролювати їх роботоздатність, вчасно знімати несправні АКБ з експлуатації.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Електромобілі вже сьогодні є частиною майбутньої розумної енергосистеми, вони необхідні для зменшення викидів шкідливих газів, особливо, у великих містах. Для масового використання електромобілів у містах важливо запропонувати оптимальні способи дозарядки тягових батарей, які не створюють проблем для енергосистеми міста. Для цього необхідно використовувати методи оптимізації щодо розміщення та розміру зарядних станцій, мінімізації витрат, зменшення дисбалансу навантаження на енергосистему.

Компанія «Преміум сервіс» є одним з найбільших пасажирських перевізників міста Луцька. Використовуючи, великі по місткості, автобуси з газовими двигунами та електромобілі-таксі, ця компанія значно покращує ситуацію із забрудненням повітря громадським транспортом.

Процес впровадження транспорту, що не забруднює повітря, необхідно і надалі стимулювати. Таке заохочення можливо зробити надавши компаніям, що використовують електромобілі, договори на здійснення міських пасажирських перевезень не на 3-5 років, як для транспорту з двигунами внутрішнього згоряння, а на довші строки.

У перспективі, використання електромобілів є доцільним і у сфері службового транспорту, сфері доставки товарів та пошти, що дасть змогу зробити чистішим повітря у великих містах.

## Список літератури

1. Горова К. О., Шевердіна А. В. Актуальність застосування електромобілів в Україні . *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*. 2015. № 3(1). С. 105-107. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/piprp\\_2015\\_3%281%29\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/piprp_2015_3%281%29_22) (дата звернення: 20.02.2023)
2. Бодак В. І., Мазилук П. В. Сучасні колісні транспортні засоби: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» . Луцьк: ЛНТУ, 2021. 143 с.
3. Shafiee, S.; Fotuhi-Firuzabad, M. Rastegar, M. Investigating the impacts of plug-in hybrid electric vehicles on power distribution systems. *IEEE Trans. Smart Grid* . 2013. 4. P. 1351–1360.
4. Будько В.І. Використання енергії сонячного випромінювання та вітру для заряджання електромобілів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.08 / НТУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», 2019 . 346 с.
5. Мокін Б.І., Лобатюк В.А., Мокін О.Б. Математичні моделі оптимального руху електромобілів з електроприводом постійного струму: монографія . Вінниця: ВНТУ, 2019. 136с.
6. Бодак В.І., Бодак М.В. Перспективи використання електромобілів в Україні . *Наукові нотатки: міжвуз. зб.* 2018. Вип. 62 . С.48 -51.
7. Смирнов О.П., Богаєвський О.Б., Смирнова А.О. Розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах . *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2013. №29 (10.02). С. 119-144.
8. Аль-Амморі А.Н., Соченко П.С. Методи і засоби підвищення ефективності використання відновлюваних джерел енергії на транспорті: монографія . Київ: НТУ, 2014. 220 с.
9. Бажинов О.В., Кравцов М.М. Небезпека транспортних засобів: монографія . Харків: ЧП Стариченко Л.А., 2022. С. 51-55.
10. Маруніч В.С., Шморгуна Л.Г. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник . К.: Міленіум, 2017. 528 с.

11. Технічні характеристики електромобіля Nissan Leaf . *Info Car* : веб-сайт. 2022. URL: [https://Nissan.leaf.infocar.ua/mod\\_3692\\_leaf\\_id903.html](https://Nissan.leaf.infocar.ua/mod_3692_leaf_id903.html) (дата звернення: 20.02.2023)

## References

1. Horova, K.O., & Sheverdina, A.V. (2015). Aktualnist zastosuvannya electromobiliv v Ukraini [Relevance of the use of electric vehicles in Ukraine]. *Problemy I perspektivy rozvutky pidpruemnitsva – Problems and prospects of entrepreneurship development. Vol 3(1)*, 105-107. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/piprp\\_2015\\_3%281%29\\_\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/piprp_2015_3%281%29__22) [in Ukrainian].
2. Bodak, V.I. & Mazilyuk, P.V. (2021). *Suchasni kolisni transportni zasoby [Modern wheeled vehicles]*. Lutsk: LNTU. [in Ukrainian].
3. Shafiee, S., & Fotuhi-Firuzabad, M., & Rastegar, M. (2013). Investigating the impacts of plug-in hybrid electric vehicles on power distribution systems. *IEEE Trans. Smart Grid*, 4, P. 1351–1360 [in English].
4. Budko, V.I. (2018). Vykorystannya enerhii soniachnoho vyprominiuvannya ta vitru dlia zariadzhanja elektromobiliv [Using the energy of solar radiation and wind for charging electric cars] . *Doctor's thesis*. NTU "Kyiv Polytechnic Institute named after I. Sikorsky" [in Ukrainian].
5. Mokin, B.I., Lobatyuk, V.A., & Mokin O.B. (2019). *Matematychni modeli optymalnoho rukhu elektromobiliv z elektropryvodom postiinoho strumu [Mathematical models of optimal movement of electric vehicles with a direct current electric drive]*. Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].
6. Bodak, V.I., & Bodak, M.V. (2018). Perspektivy vykorystannya elektromobiliv v Ukraini [Prospects for the use of electric vehicles in Ukraine]. *Naukovi notatky: mizhvuz. zb. – Scientific notes: interuniversity. Coll, Issue 62*, 48 -51 [in Ukrainian].
7. Smirnov, O.P., Bogaevskiy, O.B., & Smirnova, A.O. (2013). Rozrakhunok ekvivalentnoi vytraty palyva elektromobiliamy u riznykh krainakh [Calculation of the equivalent fuel consumption of electric vehicles in different countries]. *Visnyk NTU «KhPI» – Bulletin of NTU "KPI"*, 29 (10.02), 119-144 [in Ukrainian].
8. Al-Ammori, A.N., & Sochenko, P.S. (2014). *Metody i zasoby pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannya vidnovliuvanykh dzherel enerhii na transporti [Methods and means of increasing the efficiency of the use of renewable energy sources in transport: monograph]*. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
9. Bazhinov, O.V., & Kravtsov, M.M. (2022). *Nebezpeka transportnykh zasobiv [The danger of vehicles]*. Kharkiv: ChP Starychenko L.A. [in Ukrainian].
10. Marunich, V.S., & Shmorguna, L.G. (2017). *Orhanizatsiia ta upravlinnia pasazhyrskymy perevezenniamy [Organization and management of passenger transportation]* . Kyiv: Millennium [in Ukrainian].
11. 79% kuplenykh u Norvehii u 2022 r. avto – elektrychni. [79% of cars bought in Norway in 2022 are electric.] (n.d.). *base.garant.ru*. Retrieved from <https://mezha.media/2023/01/05/norway-electrocar-tesla/> [in Ukrainian].

**Vladymyr Bodak**, Assoc. Prof., Phd tech. sci.  
*Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

### Use of Electric Vehicles as Taxis

In connection with the significant increase in the number of cars with internal combustion engines in Ukrainian cities, there is an increase in emissions of harmful gases, which significantly exceed permissible standards. The increase in the number of electric cars has been accelerated by the fact that when clearing an electric car, it is not necessary to pay value added tax and customs duty, but only excise duty for each kilowatt of battery capacity. The cost of one kilometer covered by an electric car is several times lower than a car with an internal combustion engine. In cities, taxi services are appearing that use only electric cars.

The main factor when choosing the brand and model of an electric vehicle for taxi service is the cost of the vehicle, the level of degradation of the traction battery and the comfort of passengers. Tesla cars are popular in Western Europe and North America. These cars use traction batteries with a capacity of 70 kWh or more. These cars are expensive, so less affluent countries use cheaper electric cars with smaller batteries. In Lutsk, the "Premium Service" company operates Nissan Leaf electric vehicles with 24 kWh batteries. The increase in the number of electric cars has created a number of problems, since the number of charging stations in the city has not increased in proportion to the number of cars. One nightly charging of the battery of an electric taxi at the "Premium Service" enterprise is not enough to work during the working day. Therefore, during working hours, cars have to be recharged at city gas stations.

The article discusses the method of charging electric cars used as taxis in Lutsk, and the solution to this problem in other cities

**electric car, charging station, taxi, electric motor, lithium-ion battery**

*Одержано (Received) 13.03.2023*

*Прорецензовано (Reviewed) 18.03.2023*

*Прийнято до друку (Approved) 03.04.2023*