

УДК 629.349-838:502.1

Олішевська В. Є., к.т.н., доц.; Олішевський Г. С., к.т.н., доц.

## ПОТЕНЦІАЛ І КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

*В роботі проведено дослідження потенціалу електромобілів в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів. Розглянуто фактори, що впливають на конкурентоспроможність електромобілів.*

*In work research of potential of electrocars in the conditions of transition from cars with a combustion engine to electrocars is conducted. Factors which influence on the competitiveness of electrocars are considered.*

**Вступ.** Розвиток науки і техніки в двадцятому столітті вивели автомобільний транспорт на абсолютно новий технічний рівень і значно збільшили кількість автомобілів. Вже в 2010 році число автомобілів, зареєстрованих в масштабах всього світу, перевищило мільярд. В структурі сучасного автомобільного парку більшість автомобілів – це автомобілі з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ), які значно погіршують екологічний стан. При цьому, один автомобіль з ДВЗ за рік поглинає, в середньому, близько 1...2 т кисню і виділяє 600...800 кг вуглекислого газу, 40 кг оксидів азоту та 200...230 кг незгорілих вуглеводнів [1]. Автомобільні вуглекислі вихлопи складають до 80 % забруднення повітря в мегаполісах. Екологічні проблеми автомобільного транспорту і їх наслідки прийняли такі масштаби, що вирішення екологічних проблем сьогодні є основним завданням у контексті Концепції Сталого розвитку.

Одним з перспективних шляхів розвитку автомобільного транспорту є електромобілі. Але визначення потенціалу розвитку електромобілів в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів потребує аналізу факторів, що впливають на конкурентоспроможність електромобілів.

**Мета роботи.** Дослідження потенціалу розвитку електромобілів в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів і аналіз факторів, що впливають на конкурентоспроможність електромобілів.

**Результати дослідження.** З 2010 року спостерігається стрімке зростання сучасного парку електромобілів [2]-[7]. На рис. 1 показана динаміка розвитку ринку електромобілів у період 2010...2019 р.р. в різних країнах [2]. У 2020 р. кількість продажів електромобілів зросла на 43 % в порівнянні з 2019 р., а доля світового ринку електромобілів склала 4,6 % [2]. В 2021 р. в США було зареєстровано 630000 електромобілів, в Китаї – 3,3 млн. електромобілів [3]. В Європейському Союзі (ЄС) в 2021 р. було зареєстровано 2,3 млн. електромобілів, що в загальній кількості продажів автомобілів склало 17 % [3].

В Україні за період з 01.07.2020 р. по 01.01.2021 р. кількість продажів збільшилась на 4017 електромобілів. Лідером з продаж на українському ринку електромобілів за 2020 рік був Nissan Leaf (50...54 %), на другому місці – Tesla Model S (6 %), третім за популярністю став Renault Kangoo (4 %), четверте і п'яте місця розділили Tesla Model 3 (3...4 %) і BMW I3 (4 %). Середній вік електромобілів, що продані в 2020 р. склав 5...5,3 років [7].

За даними Global EV Outlook 2022, на протязі 2021 р., завдяки використанню електромобілів, кількість викидів від автомобільного транспорту було скорочено більш ніж на 40 млн. т еквіваленту вуглекислого газу [3]. Ці результати свідчать про перспективність розвитку електромобілів з екологічної точки зору.

Прогноз розвитку ринку електромобілів до 2030 р. показано на рис. 2 [3]. У Норвегії планується продавати тільки електричні легкові автомобілі вже з 2025 р. Інші країни планують повне витіснення легкових автомобілів з ДВЗ на 2030...2040 р.р. [4].

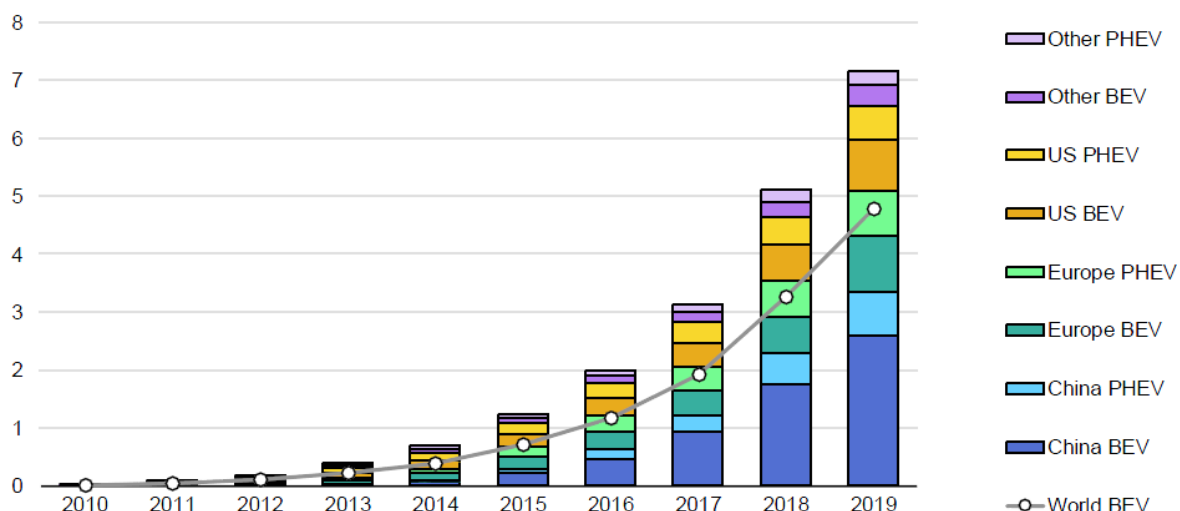


Рисунок 1 – Динаміка зростання світового парку електромобілів [2]  
 (Джерело: IEA analysis based on country submissions, complemented by ACEA (2020); EAFO (2020); EV-Volumes (2020); Marklines (2020); OICA (2020); CAAM (2020))

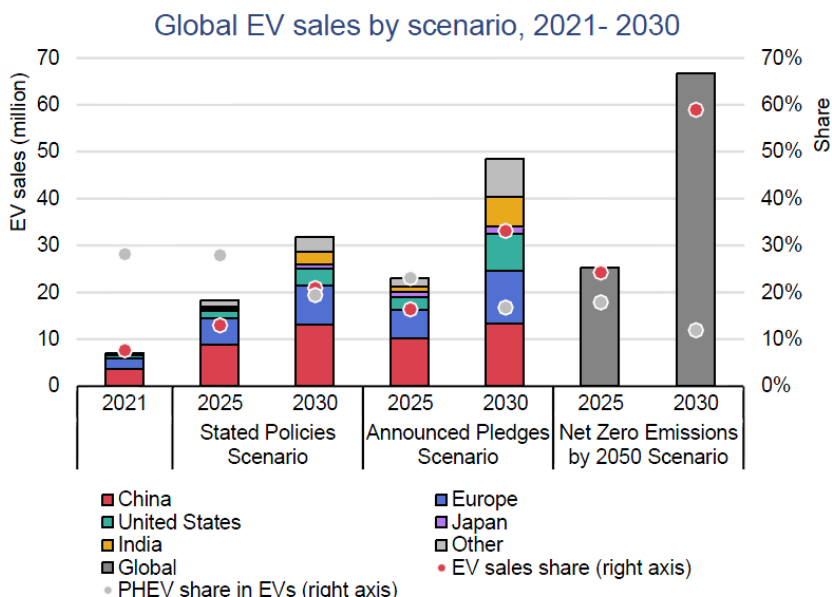


Рисунок 2 – Прогноз розвитку ринку електромобілів [3]  
 (Джерело: IEA)

Перехід від традиційних автомобілів з ДВЗ до електромобілів має економічні вигоди, які підтверджує порівняння енергетичних характеристик автомобілів з різними силовими установками – ДВЗ, гібридного автомобіля та електромобіля, що було зроблено Бажиновим О. В. та Ткачевим О. Ю. [8].

При оцінці конкурентоспроможності електромобілів важливим критерієм є вартість електромобіля.

У багатьох сучасних електромобілів більшість вузлів і агрегатів є запозиченими від автомобілів з ДВЗ. В конструкції електромобілів використовуються такі ж ходова частина і підвіска, колісні приводи, ті ж основні компоненти системи рульового управління, гальмування, освітлення і багато інших. Тільки над деякими моделями проєктувальники працювали, як над електромобілями, наприклад, автомобілі Tesla, Honda EV-plus, Chevrolet Bolt.

Наприклад, порівняльний аналіз моделей-двійників – бензинового автомобіля Nissan Note та електромобіля Nissan Leaf показує, що кузов та механічні вузли є аналогічними [5]. За оснащенням, базова версія електромобіля – дуже близька до максимальної комплектації бензинового автомобіля.

Аналіз собівартості електромобіля на прикладі моделі Nissan Leaf показує, що в 2010 р. компанія-виробник продавала електромобілі зі збитком 11900 дол. на одиницю (рис. 3). При цьому, вартість акумуляторної батареї складала 57,3 % від вартості електромобіля. На прикладі моделі Nissan Leaf, зрозуміло, що основний внесок у високу вартість електромобіля в порівнянні із звичайним автомобілем, вносять акумуляторна батарея і силова та зарядна електроніка. Сьогодні вартість цих компонентів може досягати 40...50 % від загальної вартості електромобіля.

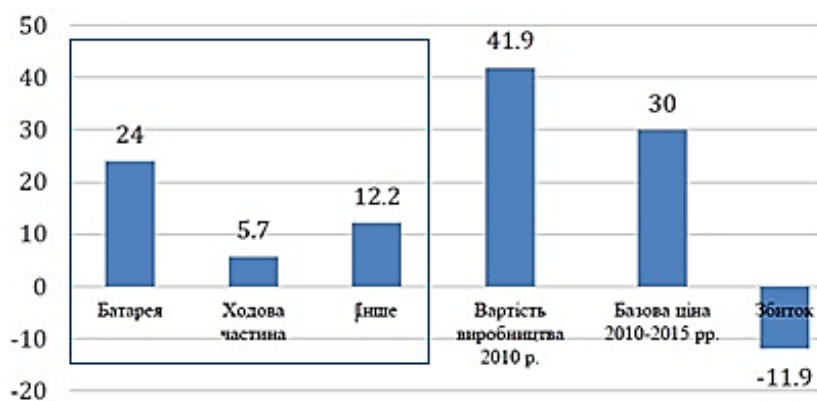


Рисунок 3 – Складові вартості Nissan Leaf, тис. дол. [5]

Але перевагами електромобіля є дешева коробка передач та електромотор.

В сучасних електромобілях в якості тягового електродвигуна застосовуються декілька типів електродвигунів: асинхронні двигуни змінного струму, колекторні двигуни постійного струму, синхронні двигуни змінного струму або сучасні типи двигунів змінного струму з вентильним управлінням (вентильні двигуни) [9]. Електродвигун, в порівнянні з ДВЗ, має значно вищий ресурс, а складність виготовлення електродвигуна відносно незначна.

Увага конструкторів до електромобілів підтримується тим, що крім відсутності токсичних викидів в навколишнє середовище, сучасні електродвигуни мають механічні характеристики, що ідеально відповідають вимогам тягового приводу, а також високий ККД. Так, ККД сучасного вентильного електродвигуна досягає 90...95 %, в той час як ККД бензинового ДВЗ становить близько 30 %, дизельного – 40 %, криогенних установок – 30...35 %, паливних елементів – 70 %. Разом з тим, необхідно відзначити, що загальний ККД електромобіля, якщо вважати його з моменту отримання електричної енергії до факту руху електротранспорту, виявляється приблизно вдвічі вище, ніж ККД сучасного автомобіля, що обладнаний ДВЗ [10].

Отримати прибуток від продажу електромобіля Nissan Leaf, що близька до норми прибутку автомобіля з ДВЗ, автовиробнику вдалося в 2017 р. за рахунок зниження вартості батареї.

У промисловості і автомобілебудуванні широке застосування отримали нікель-кадмієві (NiCd), нікель-метал-гідридні (NiMh), свинцево-кислотні (Pb) і літій-іонні (Li-ion) акумуляторні батареї [10]. Прорив літій-іонних акумуляторів, які все більше завойовують ринок, пов'язаний з очікуваними високими питомими характеристиками і значним розширенням робочого температурного діапазону [10]. Але з початку комерціалізації літій-іонної батареї до моменту, коли виробники почали отримувати прибуток – пройшло 27 р.

Дослідження, розробка та впровадження, а також перспектива масового виробництва акумуляторів ведуть не тільки до збільшення густини зберігання енергії, але і до швидкого

зниження вартості батареї. Наприклад, зниження цін на літій-іонні акумулятори на 74 %, що відбувалося з 2011 р. по 2017 р., привело до збільшення кількості продаж електромобілів в світі в 16 разів [7]. Вдосконалення технологій виробництва батареї приводить до скорочення розриву між цінами на електромобілі і автомобілі з ДВЗ, що веде до підвищення конкурентоспроможності електромобілів.

Конструкція електромобілів з істотно меншою кількістю компонентів, позитивно позначається на надійності, що знайшло відображення в гарантійних умовах автовиробників. Наприклад, гарантія на батарею Nissan Leaf на старті продажів була 5 років, а в даний час – збільшено до 8 років або 160000 км.

Наступний етап визначення конкурентоспроможності електромобілів потребує аналізу технічного обслуговування (ТО) електромобілів.

Технічне обслуговування електромобілів практично не відрізняється від автомобілів з двигунами внутрішнього згорання, за істотним винятком того, що стосується силової установки, її допоміжних систем і трансмісії [9].

До списку регулярних робіт з технічного обслуговування електромобіля входять наступні роботи: перевірка рівня і, при необхідності – доливка або заміна рідин (гальмівна система, охолодження акумулятора, редуктор); перевірка гальмівних магістралей і електричних кабелів; діагностика підвіски і ходової частини; перестановка коліс; регулювання кутів установки коліс; перевірка стану і заміна гальмівних колодок; перевірка пильників приводів коліс; заміна салонного фільтра; комп'ютерна діагностика, в тому числі перевірка стану високовольтної батареї.

Обслуговування електромобілів, в порівнянні з автомобілями з ДВЗ, відрізняється збільшеними міжсервісними інтервалами, меншою кількістю операцій, меншим загальним часом перебування в сервісі, меншим складом і кількістю запчастин і витратних матеріалів [9]. У сукупності це може призвести до суттєвого скорочення витрат на експлуатацію і скорочення простоїв рухомого складу під час ТО і поточного ремонту.

Майбутній розвиток електромобілів, згідно Global EV Outlook 2022, можливий за наступними сценаріями:

- сценарій заявленої політики: кількість електромобілів до 2030 р. буде складати 200 млн. автомобілів, що буде складати 10 % автомобільного парку;
- сценарій об'явлених зобов'язань: кількість електромобілів до 2030 р. буде складати 270 млн. автомобілів, що буде складати 14 % автомобільного парку;
- сценарій «Нульові чисті викиди до 2050 р.»: кількість електромобілів до 2030 р. буде складати 350 млн. автомобілів, що буде складати 20 % автомобільного парку [3].

**Висновки.** Більше 20 країн світу, включаючи країни ЄС, Китай, Індію, Японію, Південну Корею прийняли або готуються вжити обмежувальні заходи, що стосуються виробництва і продажу автомобілів з ДВЗ.

Світовий прогноз розвитку електромобілів свідчить, що у наступні 20 років попит на електромобілі буде мати стабільну тенденцію до зростання. Це буде досягтися завдяки зростанню кількості електромобілів у великих країнах (Китай, США, Канада), а також в ЄС.

Конкурентоспроможність електромобілів залежить від вартості електромобіля і вартості ТО електромобіля. Нові електромобілі мають високі ціни, але постійне зростання цін на бензин, дизельне паливо і газове паливо приводить до того, що покупці легкових автомобілів останнім часом все частіше віддають перевагу електромобілям.

Конкурентоспроможність електромобілів значною мірою залежить від акумуляторів, які сьогодні складають до половини собівартості електромобіля і визначають його характеристики з пробігу і зручності експлуатації.

#### Список використаних джерел

1. Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвєєва О. Л., Шаманський С. Й., Дмитруха Т. І., Маджд Т. М. Транспортна екологія : навч. посіб. [Електронний ресурс] / за заг. ред. С. В.

Бойченка. Київ : НАУ, 2017. 507 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/37212> 27.02.2023 (дата звернення: 27.02.2023).

2. Global EV Outlook 2020 [Електронний ресурс]. 2020. 276 р. URL: [https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/Global\\_EV\\_Outlook\\_2020.pdf](https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/Global_EV_Outlook_2020.pdf) (дата звернення 05.04.2023).

3. Global EV Outlook 2022 [Електронний ресурс]. 2022. 221 р. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf> (дата звернення 05.04.2023).

4. Update on the Global Transition to Electric Vehicles Through 2019. The International Council On Clean Transportation. Briefing [Електронний ресурс]. July 2020. 15 р. URL: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/update-global-EV-stats-20200713-EN.pdf> (дата звернення 05.04.2023).

5. Стан та перспективи розвитку ринку електрокарів в Україні [Електронний ресурс]. 39 с. URL: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/\\_%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C\\_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%95%D0%90%D0%A2/2020R/%D0%90%D0%A2\\_%D0%95%D0%90%D0%A2\\_ELEKTROKARY.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/_%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%95%D0%90%D0%A2/2020R/%D0%90%D0%A2_%D0%95%D0%90%D0%A2_ELEKTROKARY.pdf) (дата звернення 05.04.2023).

6. Грома Я. В., Глущенко Я. І. Порівняльний аналіз ринку електромобілів в Україні та світі [Електронний ресурс]. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2019. № 16. С. 42-49. URL: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.16.2019.181408> (дата звернення 05.04.2023).

7. Олішевська В. Є., Олішевський Г. С. Концепція розвитку електромобілів та супутньої інфраструктури в Україні [Електронний ресурс]. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали X-ої міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., м. Вінниця, 14-15 квіт. 2022 р. Вінниця, 2022. С. 225-228. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162861> (дата звернення 05.04.2023).

8. Бажинов О. В., Ткачев О. Ю. Енергетичні характеристики автомобілів з різними силовими установками [Електронний ресурс]. *Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні* : наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 15-18 жовт. 2019 р. Харків, 2019. С. 311-312. URL: <https://dSPACE.khadi.kharkov.ua/dSPACE/handle/123456789/8170> (дата звернення 05.04.2023).

9. Дослідження режимів технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом [Електронний ресурс]. 2020. 38 с. URL: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C\\_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/2020R/AT\\_AE\\_MAX-80.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/2020R/AT_AE_MAX-80.pdf) (дата звернення: 05.04.2023).

10. Весела М. А. Підвищення ефективності управління силовою установкою електромобіля з бортовою підзарядкою в умовах експлуатації : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2019. 185 с.

**Олішевська Валентина Євгенівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», e-mail: [olishevskav.ye@nmu.one](mailto:olishevskav.ye@nmu.one)

**Олішевський Геннадій Сергійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», e-mail: [Olishevskiyi.H.S@nmu.one](mailto:Olishevskiyi.H.S@nmu.one)

**Olishevskaya Valentyna** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology, e-mail: [olishevskav.ye@nmu.one](mailto:olishevskav.ye@nmu.one)

**Olishevskiy Hennadiy** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, e-mail: [Olishevskiyi.H.S@nmu.one](mailto:Olishevskiyi.H.S@nmu.one)